



**PATENT APPLICATION**

THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Masao OHMORI

Application No.: 10/614,509

Filed: July 8, 2003

Docket No.: 116470

For: LIGHT-EMITTING ELEMENT DRIVING DEVICE

**CLAIM FOR PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2002-360195 Filed December 12, 2002

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

  x   is filed herewith.

           was filed on        in Parent Application No.        filed       .

           will be filed at a later date.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

James A. Oliff  
Registration No. 27,075

Thomas J. Pardini  
Registration No. 30,411

JAO:TJP/emt

Date: October 17, 2003

**OLIFF & BERRIDGE, PLC**  
**P.O. Box 19928**  
**Alexandria, Virginia 22320**  
**Telephone: (703) 836-6400**

**DEPOSIT ACCOUNT USE  
AUTHORIZATION**

Please grant any extension  
necessary for entry;  
Charge any fee due to our  
Deposit Account No. 15-0461

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 2 年 1 2 月 1 2 日  
Date of Application:

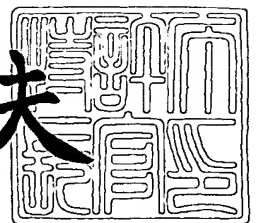
出 願 番 号            特 願 2 0 0 2 - 3 6 0 1 9 5  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 2 - 3 6 0 1 9 5 ]

出      願      人            富 士 ゼ ロ ッ ク ス 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    9 月 1 0 日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出 証 番 号    出 証 特 2 0 0 3 - 3 0 7 4 1 7 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 FE02-01593

【提出日】 平成14年12月12日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B41J 2/44

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県海老名市本郷 2 2 7 4 番地 富士ゼロックス株式会社 海老名事業所内

    【氏名】 大森 雅夫

【特許出願人】

    【識別番号】 000005496

    【氏名又は名称】 富士ゼロックス株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100086298

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 船橋 國則

    【電話番号】 046-228-9850

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 007364

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光素子駆動装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電圧源から発光素子に印加される駆動電圧を制御する第 1 の制御手段と、電流源から前記発光素子に供給される駆動電流を制御する第 2 の制御手段とを有し、これら第 1、第 2 の制御手段によって前記発光素子から出射される光ビームの光量を制御する発光素子駆動装置であって、

前記発光素子の消灯時に当該発光素子に対して試験電流を供給する試験電流供給手段と、

前記試験電流供給手段から前記試験電流が供給されているときの前記発光素子の端子電圧を基に消灯時に前記発光素子に印加するバイアス電圧を設定するバイアス電圧設定手段と

を備えることを特徴とする発光素子駆動装置。

【請求項 2】 前記第 2 の制御手段は、前記発光素子の光量制御時に前記電流源を制御し、

前記第 1 の制御手段は、前記第 2 の制御手段による前記電流源の制御の結果前記発光素子に生じた電圧に対応して前記電圧源の電圧を設定する

ことを特徴とする請求項 1 記載の発光素子駆動装置。

【請求項 3】 前記第 1 の制御手段は、前記発光素子の光量制御時に前記電圧源を制御し、

前記第 2 の制御手段は、前記第 1 の制御手段による前記電流源の制御の結果前記発光素子に流した電流に対応して前記電流源の電流を設定する

ことを特徴とする請求項 1 記載の発光素子駆動装置。

【請求項 4】 電圧源から発光素子に印加される駆動電圧を制御するとともに、電流源から前記発光素子に供給される駆動電流を制御することにより、前記発光素子から出射される光ビームの光量を制御する発光素子駆動装置であって、

前記発光素子に対してバイアス電流を供給するバイアス電流供給手段と、

前記発光素子の消灯時に当該発光素子に対して試験電流を供給する試験電流供給手段と、

前記試験電流供給手段から前記試験電流が供給されているときの前記発光素子の端子電圧を基に消灯時に前記発光素子に印加するバイアス電圧を設定するバイアス電圧設定手段と、

前記バイアス電圧設定手段で設定された前記バイアス電圧を基に前記発光素子の消灯時に当該発光素子に前記バイアス電流供給手段から供給するバイアス電流を設定するバイアス電流設定手段と

を備えることを特徴とする発光素子駆動装置。

【請求項 5】 前記バイアス電流設定手段は、前記発光素子の端子電圧が前記バイアス電圧設定手段で設定された前記バイアス電圧に一致するように負帰還制御して前記バイアス電流を設定する

ことを特徴とする請求項 4 記載の発光素子駆動装置。

【請求項 6】 前記バイアス電圧設定手段による前記バイアス電圧の設定および前記バイアス電流設定手段による前記バイアス電流の設定を所定のサイクルで実行し、温度変動による前記発光素子の電圧－電流特性変動に伴って前記バイアス電流を設定し直す

ことを特徴とする請求項 4 または 5 記載の発光素子駆動装置。

【請求項 7】 前記バイアス電流供給手段の電流源と前記試験電流供給手段の電流源とを共用する

ことを特徴とする請求項 4 記載の発光素子駆動装置。

【請求項 8】 電圧源から複数の発光素子に印加される駆動電圧を制御するとともに、電流源から前記複数の発光素子に供給される駆動電流を制御することにより、前記複数の発光素子から出射される光ビームの光量を制御する発光素子駆動装置であって、

前記複数の発光素子の消灯時にこれら発光素子に対して試験電流を供給する試験電流供給手段と、

前記試験電流供給手段から前記試験電流が流れているときの前記複数の発光素子の各端子電圧同士を演算する演算手段と、

前記演算手段で算出した電圧値を基に消灯時に前記複数の発光素子に印加するバイアス電圧を設定するバイアス電圧設定手段と

を備えることを特徴とする発光素子駆動装置。

【請求項 9】 前記演算手段は、前記複数の発光素子の各端子電圧の最小値と最大値の間でかつ最小値と最大値を除く電圧値を算出する

ことを特徴とする請求項 8 記載の発光素子駆動装置。

【請求項 1 0】 前記演算手段は前記電圧値を複数算出し、これら複数の電圧値の中から前記バイアス電圧を選択する

ことを特徴とする請求項 8 または 9 記載の発光素子駆動装置。

【請求項 1 1】 電圧源から複数の発光素子に印加される駆動電圧を制御するとともに、電流源から前記複数の発光素子に供給される駆動電流を制御することにより、前記複数の発光素子から出射される光ビームの光量を制御する発光素子駆動装置であって、

前記複数の発光素子に対してバイアス電流を供給するバイアス電流供給手段と

、  
前記複数の発光素子の消灯時にこれら発光素子に対して試験電流を供給する試験電流供給手段と、

前記試験電流供給手段から前記試験電流が流れているときの前記複数の発光素子の各端子電圧同士を演算する演算手段と、

前記演算手段で算出した電圧値を基に消灯時に前記複数の発光素子に印加するバイアス電圧を設定するバイアス電圧設定手段と、

前記バイアス電圧設定手段で設定された前記バイアス電圧を基に前記複数の発光素子の消灯時にこれら発光素子に前記バイアス電流供給手段から供給する各バイアス電流を設定するバイアス電流設定手段と

を備えることを特徴とする発光素子駆動装置。

【請求項 1 2】 前記バイアス電圧設定手段は前記電圧値を複数算出し、これら複数の電圧値の中から前記バイアス電圧の電圧値を選択する

ことを特徴とする請求項 1 1 記載の発光素子駆動装置。

【請求項 1 3】 前記バイアス電流供給手段は、前記複数の発光素子の各端子電圧が前記バイアス電圧設定手段で設定された前記バイアス電圧に一致するように負帰還制御して前記バイアス電流を設定する

ことを特徴とする請求項 11 または 12 記載の発光素子駆動装置。

【請求項 14】 前記バイアス電圧設定手段による前記バイアス電圧の設定および前記バイアス電流設定手段による前記バイアス電流の設定を所定のサイクルで実行し、温度変動による前記複数の発光素子の電圧－電流特性変動に伴って前記バイアス電流を設定し直す

ことを特徴とする請求項 11, 12 または 13 記載の発光素子駆動装置。

【請求項 15】 前記バイアス電流供給手段の電流源と前記試験電流供給手段の電流源とを共用する

ことを特徴とする請求項 11 記載の発光素子駆動装置。

【請求項 16】 前記試験電流供給手段は、前記試験電流の電流値を設定する手段を前記複数の発光素子に対して共通に有する

ことを特徴とする請求項 8 または 11 記載の発光素子駆動装置。

【請求項 17】 電圧源から発光素子に印加される駆動電圧を制御する第 1 の制御手段と、電流源から前記発光素子に供給される駆動電流を制御する第 2 の制御手段とを有し、これら第 1, 第 2 の制御手段によって前記発光素子から出射される光ビームの光量を制御する発光素子駆動装置であって、前記第 2 の制御手段は、前記発光素子の光量制御時に前記電流源を制御し、

前記第 1 の制御手段は、前記第 2 の制御手段による前記電流源の制御の結果前記発光素子に生じた電圧に対応して前記電圧源の電圧を設定する

を備えることを特徴とする発光素子駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、内部抵抗（シリーズ抵抗）が大きい発光素子の駆動装置に関し、特にレーザゼログラフィーに用いられるレーザ素子等の発光素子の駆動に用いて好適な発光素子駆動装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

レーザ素子を光源とするレーザゼログラフィーの分野では、より高解像度化、

より高速化の要求が強くなってきている。入力画像データに応じてレーザ素子の駆動をオン／オフ制御する速度（以下、変調速度と記す）には限度がある。レーザ光のビーム数を1本とした場合には、主走査方向の解像度のみならず、副走査方向の解像度をも上げようとする、変調速度が犠牲にならざるを得ない。したがって、変調速度を上げずに副走査方向の解像度を上げるためには、レーザ光のビーム数を増すしかない。レーザ光のビーム数を例えば4本にした場合は、変調速度が1本の場合と同じと仮定すると、主走査・副走査方向の解像度を2倍に向上できる。

### 【0 0 0 3】

ところで、半導体レーザは、レーザ光が活性層と平行な方向に取り出される構造の端面発光型レーザ素子（以下、端面発光レーザと記す）と、レーザ光が活性層に垂直な方向に取り出される構造の面発光型レーザ素子（以下、面発光レーザと記す）とに大別される。従来、レーザゼログラフィーでは、レーザ光源として一般的に端面発光レーザが用いられていた。

### 【0 0 0 4】

しかしながら、レーザ光のビーム数を増やすという観点からすると、端面発光レーザは技術的に難しいとされており、構造上、端面発光レーザよりも面発光レーザの方がレーザ光のビーム数を増やすのに有利である。このような理由から、近年、レーザゼログラフィーの分野において、より高解像度化、より高速化の要求に応えるために、レーザ光源として、多数のレーザ光ビームを出射可能な面発光レーザを用いた装置の開発が進められている。

### 【0 0 0 5】

半導体レーザの駆動方式は、電圧駆動方式と電流駆動方式とに大別される。ここで、GaN（窒化ガリウム）系青色レーザやシングルモード面発光レーザなどの内部抵抗が大きい発光素子の駆動を考えた場合、電流駆動方式で駆動すると、内部抵抗 $R$ と配線等の寄生容量 $C$ で決まる時定数 $\tau (= R \cdot C)$ が大きくなり、駆動電流波形の立ち上がり、立ち下がりが非常に緩慢になるため変調速度が低下する。したがって、この変調速度を大幅に改善しなければ、特にレーザゼログラフィーにおいて、レーザ光源として面発光レーザを使うメリットがなくなる。



## 【0006】

このような観点からすると、内部抵抗が大きい発光素子の駆動方式としては、電流駆動方式よりも電圧駆動方式の方が有利である。この電圧駆動方式の駆動装置では、従来、変調速度の高速化を図るために、発光素子よりも低出力インピータンスの素子で電圧駆動している（例えば、特許文献1参照）。この電圧駆動方式のレーザ駆動装置では、点灯時にはフィードバック制御を行って規定光量に対応する駆動電圧  $V_{on}$  を半導体レーザに印加し、消灯時には発光閾値以下のバイアス電圧  $V_{bias}$  を半導体レーザに印加するようにしている。

## 【0007】

一方、多数のレーザ光ビームを出射可能なレーザ素子（マルチビームレーザ）の駆動装置では、従来、コストダウンを図るために、消灯時に流すバイアス電流  $I_{bias}$  を複数の半導体レーザで共通に設定している（例えば、特許文献2参照）。この電流駆動方式のマルチビームレーザ駆動装置では、複数個の半導体レーザ間で特性がばらつくことを考慮して、変調速度を優先する場合はバラツキの最大電流値を全ての半導体レーザのバイアス電流  $I_{bias}$  として設定し、または誤点灯の防止を優先する場合はバラツキの最小値に合わせて電流値を決定するようにしている。

## 【0008】

## 【特許文献1】

特開 2001-036186 号公報

## 【特許文献2】

特開平 09-272223 号公報

## 【0009】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところで、半導体レーザの駆動電流  $I$  は、一般的に、

$$I = I_s * [\exp \{q (V - I R) / k T\} - 1]$$

なる式で表される。ここで、 $I_s$  は逆飽和電流、 $q$  は素電荷（電子の電荷）、 $V$  は駆動電圧、 $R$  は半導体レーザの内部抵抗、 $k$  はボルツマン定数、 $T$  は絶対温度である。

**【 0 0 1 0 】**

そして、内部抵抗  $R$  での電圧降下が小さい低光量領域では、図 9 に示す特性図から明らかなように、駆動電流  $I$  は駆動電圧  $V$  に対して指数関数的に変動する。したがって、電圧駆動方式の駆動装置では、点灯時に端子電圧を制御して負帰還制御を行うと、駆動電圧  $V$  の変動量  $\Delta V$  に対して駆動電流  $I$ 、即ち発光量が指数関数的に変動してしまうため、負帰還制御のゲインが大きく変動して安定した制御を行うのが難しいという課題がある。

**【 0 0 1 1 】**

消灯時にも、内部抵抗  $R$  が大きい半導体レーザを素早く消灯するためには、半導体レーザに電圧を印加する必要がある。最も簡単に実現するには、印加電圧をゼロにすれば良い。しかしながら、端面発光レーザの場合には、高速変調するには消灯時にも発光閾値電流付近のバイアス電流  $I_{bias}$  を流し続ける必要があるため、半導体レーザを消灯する際には、この発光閾値電流付近の電流に相当する電圧を印加しなければならない。

**【 0 0 1 2 】**

一方、面発光レーザの場合には共振器の体積が小さいので、高速変調のためにバイアス電流  $I_{bias}$  を流す必要はない。ただし、回路上、駆動電圧の振幅が小さい方が変調速度を高めることができるので、レーザ発振しない程度のバイアス電圧を半導体レーザの消灯時に印加しておく方が望ましい。しかし、点灯時と同様に消灯時に印加するバイアス電圧は、図 9 から明らかなように、駆動電圧のわずかな変化で駆動電流が大きく変動するので駆動電圧の設定が難しい。

**【 0 0 1 3 】**

さらに、駆動電圧が設定できたとしても、バイアス電圧を固定で設定すると、温度変動に伴って電流が変動するので、電流を考慮せずに駆動電圧だけで適切なバイアス電流  $I_{bias}$  を維持することが難しい。このように、内部抵抗が大きい半導体レーザを高速に駆動するには、消灯時にも閾値以下で ON 電圧に近い駆動電圧を印加するのが望ましいが、電圧を直接制御しようとする点灯時と同様の制御性が課題となる。

**【 0 0 1 4 】**

また、電圧駆動方式におけるより重要な課題として、発光光量の温度に対する変動が挙げられる。半導体レーザの光量は基本的に駆動電流に比例し、温度に対しては発光閾値電流の寄与が大きい。したがって、発光閾値電流よりも十分大きな電流で電流駆動している場合には、温度に対する発光光量の変動は無視できる程度に小さい。

#### 【0015】

また、電圧駆動方式の場合には、半導体レーザの端子電圧は定電流のもとで温度に対して負の温度係数を持っているため、半導体レーザを点灯した状態では温度が上昇しても光量の変動しないように駆動電圧を温度変動に合わせて下げていく必要がある。逆に消灯した状態では、温度が低下するので半導体レーザを再び点灯する際に同一の光量で点灯するには、温度の低下に合わせて点灯時の電圧を消灯したときの電圧よりも上げなければならない。

#### 【0016】

このように、電圧駆動によって電流駆動並みの精度で光量を制御しようとする、半導体レーザの駆動電圧を半導体レーザの温度に対応させて変化させなくてはならない。

#### 【0017】

また、マルチビームレーザの駆動に適した従来の電流駆動方式では、例えば消灯時に全ての半導体レーザで共通に流すバイアス電流  $I_{bias}$  を発光閾値電流  $I_{th}$  が最大の半導体レーザに合わせて設定すると、半導体レーザの特性ばらつきが大きい場合に、半導体レーザによってはバイアス電流  $I_{bias}$  が発光閾値電流  $I_{th}$  を越え、点灯したままになってしまう。このため、半導体レーザの特性ばらつきを厳しく抑え込む必要がある。しかし、スペックが厳しいと半導体レーザのコストアップや場合によっては歩留まり低下を来して半導体レーザを供給できない状況になりかねない。

#### 【0018】

一方、GaN系青色端面発光レーザやシングルモード面発光レーザの駆動に適した従来の電圧駆動方式では、半導体レーザの消灯時に印加するバイアス電圧の最適値が素子毎に異なるので、電圧源を素子毎に設ける必要がある。その際、高

い周波数まで低いインピーダンスを維持できる電圧源を作るには大容量のコンデンサが素子毎に必要となる。特に、駆動装置の I C 化を考えた場合、大容量のコンデンサを I C 内部に作り込むとコストアップの要因になるので外に出す必要がある。しかし、外に出しても外付けのコンデンサが必要となるのでコストアップを招くことに変わりはない。

#### 【 0 0 1 9 】

そこで、電流駆動方式の場合に一つの電流値に設定するのと同様に一つの電圧源で対応しようとする、閾値電流の最大値あるいは最小値に合わせてバイアス電圧を制御することになる。しかし、電流駆動方式の場合と同様に、最大値または最小値に合わせて共通に電圧値を設定すると、半導体レーザの特性ばらつきを厳しく抑え込む必要がある。すなわち、マルチビームレーザの駆動装置を構成する場合、コストダウンを図るためには、1つの半導体レーザについての駆動回路をできるだけシンプルにする必要があるが、上述したことから明らかなように、従来の電圧駆動方式だと半導体レーザの性能が犠牲になってしまう。

#### 【 0 0 2 0 】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、請求項 1 記載の発光素子駆動装置は、電圧源から発光素子に印加される駆動電圧を制御する第 1 の制御手段と、電流源から前記発光素子に供給される駆動電流を制御する第 2 の制御手段とを有し、これら第 1、第 2 の制御手段によって前記発光素子から出射される光ビームの光量を制御する発光素子駆動装置であって、前記発光素子の消灯時に当該発光素子に対して試験電流を供給する試験電流供給手段と、前記試験電流供給手段から前記試験電流が供給されているときの前記発光素子の端子電圧を基に消灯時に前記発光素子に印加するバイアス電圧を設定するバイアス電圧設定手段とを備える構成となっている。かかる構成の発光素子駆動装置では、電圧駆動と電流駆動（電圧駆動→電流駆動）とを併用している。そして、バイアス電圧の設定に当たって、光量制御も変調も行わない期間において、実際に消灯時に発光素子に流したい電流を、試験電流供給手段から発光素子に試験電流として供給し、この試験電流が流れているときの発光素子の端子電圧を検出する。そして、バイアス電圧設定手段では、そ

の検出した電圧を基に、消灯時に発光素子に印加するバイアス電圧を設定する。これにより、僅かな電圧変化で電流が大きく変動して電流制御が難しかった従来技術と比較して、消灯時に印加するバイアス電圧を目標値に設定し易くなる。

#### 【0 0 2 1】

請求項 2 記載の発光素子駆動装置は、請求項 1 記載の発光素子駆動装置において、前記第 2 の制御手段は、前記発光素子の光量制御時に前記電流源を制御し、前記第 1 の制御手段は、前記第 2 の制御手段による前記電流源の制御の結果前記発光素子に生じた電圧に対応して前記電圧源の電圧を設定する構成となっている。かかる構成の発光素子駆動装置において、発光素子の光量が規定光量となるように当該発光素子の駆動電流を第 2 の制御手段によって制御し、規定光量のときの発光素子の端子電圧を検出する。そして、第 1 の制御手段では、その検出した電圧（端子電圧）を基に、点灯時に発光素子に電圧を印加する電圧源の電圧値を設定する。これにより、発光素子、特に半導体レーザの駆動電流が光量にほぼ比例することから、光量制御のための負帰還ループのゲインを一定に保つことができるため、安定した制御を実現できる。

#### 【0 0 2 2】

請求項 3 記載の発光素子駆動装置は、請求項 1 記載の発光素子駆動装置において、前記第 1 の制御手段は、前記発光素子の光量制御時に前記電圧源を制御し、前記第 1 の制御手段による前記電圧源の制御の結果前記発光素子に流した電流に対応して前記電流源の電流を設定する構成となっている。かかる構成の発光素子駆動装置において、発光素子の内部抵抗が非常に高い場合には、光量制御時に電流源を制御して電流駆動を行うと、発光素子の内部抵抗と容量で決まる時定数の影響で目標光量への収束に時間がかかるのに対して、低出力インピーダンスの電圧源を制御して電圧駆動で制御を行うことにより、光量制御の収束時間を短縮できる。

#### 【0 0 2 3】

請求項 4 記載の発光素子駆動装置は、電圧源から発光素子に印加される駆動電圧を制御するとともに、電流源から前記発光素子に供給される駆動電流を制御することにより、前記発光素子から出射される光ビームの光量を制御する発光素子

駆動装置であって、前記発光素子に対してバイアス電流を供給するバイアス電流供給手段と、前記発光素子の消灯時に当該発光素子に対して試験電流を供給する試験電流供給手段と、前記試験電流供給手段から前記試験電流が供給されているときの前記発光素子の端子電圧を基に消灯時に前記発光素子に印加するバイアス電圧を設定するバイアス電圧設定手段と、前記バイアス電圧設定手段で設定された前記バイアス電圧を基に前記発光素子の消灯時に当該発光素子に前記バイアス電流供給手段から供給するバイアス電流を設定するバイアス電流設定手段とを備える構成となっている。かかる構成の発光素子駆動装置では、電圧駆動と電流駆動（電圧駆動→電流駆動）を併用している。そして、バイアス電圧設定手段で設定されたバイアス電圧を基にバイアス電流設定手段で消灯時の電流駆動の際に発光素子に流すバイアス電流を設定し、当該バイアス電流を発光素子の消灯時に当該発光素子にバイアス電流供給手段から供給する。これにより、電圧駆動動作時の電圧と電流駆動動作時の電圧とがほぼ等しい値になり、電圧駆動から電流駆動に移行するときの電圧の変動幅が小さくなる。したがって、定電圧駆動から定電流駆動への移行時間を短縮できる。

#### 【 0 0 2 4 】

請求項 5 記載の発光素子駆動装置は、請求項 4 記載の発光素子駆動装置において、前記バイアス電流設定手段が、前記発光素子の端子電圧が前記バイアス電圧設定手段で設定された前記バイアス電圧に一致するように負帰還制御して前記バイアス電流を設定する構成となっている。かかる構成の発光素子駆動装置において、例えば差動アンプを用いた負帰還制御の構成を採ることで、簡易な構成で発光素子の消灯時の端子電圧が、設定したバイアス電圧に一致するように制御を行うことができる。

#### 【 0 0 2 5 】

請求項 6 記載の発光素子駆動装置は、請求項 4 または 5 記載の発光素子駆動装置において、前記バイアス電圧設定手段による前記バイアス電圧の設定および前記バイアス電流設定手段による前記バイアス電流の設定を所定のサイクルで実行し、温度変動による前記発光素子の電圧－電流特性変動に伴って前記バイアス電流を設定し直す構成となっている。かかる構成の発光素子駆動装置において、バ

イアス電圧の設定およびバイアス電流の設定を所定のサイクル、例えば光量制御のサイクルで実行し、温度変動による発光素子の電圧－電流特性変動に伴ってバイアス電流を設定し直すことにより、温度変動があつて発光素子の電圧－電流特性が変動としても、発光素子に流すバイアス電流を一定に保つことができる。

#### 【 0 0 2 6 】

請求項 7 記載の発光素子駆動装置は、請求項 4 記載の発光素子駆動装置において、前記バイアス電流供給手段の電流源と前記試験電流供給手段の電流源とを共用する構成となっている。かかる構成の発光素子駆動装置において、バイアス電流供給手段と試験電流供給手段の各電流源を共用することにより、電流源を 1 つ削減できるため、その分だけ回路構成の簡略化および低コスト化を図ることができるとともに消費電力を低減できる。

#### 【 0 0 2 7 】

請求項 8 記載の発光素子駆動装置は、電圧源から複数の発光素子に印加される駆動電圧を制御するとともに、電流源から前記複数の発光素子に供給される駆動電流を制御することにより、前記複数の発光素子から出射される光ビームの光量を制御する発光素子駆動装置であつて、前記複数の発光素子の消灯時にこれら発光素子に対して試験電流を供給する試験電流供給手段と、前記試験電流供給手段から前記試験電流が流れているときの前記複数の発光素子の各端子電圧を演算する演算手段と、前記演算手段で算出した電圧値を基に消灯時に前記複数の発光素子に印加するバイアス電圧を設定するバイアス電圧設定手段とを備える構成となっている。かかる構成の発光素子駆動装置において、複数の発光素子の消灯時にこれら発光素子に対して試験電流供給手段から試験電流を供給する。そして、演算手段では、試験電流が流れているときの複数の発光素子の各端子電圧同士を演算し、その算出した電圧値を基に、バイアス電圧設定手段で消灯時に各発光素子に印加するバイアス電圧を設定する。この構成を採ることで、1 つのバイアス電圧設定回路を複数の発光素子に対して共通に設けることができるため、回路構成の簡略化および低コスト化を図ることができる。

#### 【 0 0 2 8 】

請求項 9 記載の発光素子駆動装置は、請求項 8 記載の発光素子駆動装置におい

て、前記演算手段が、前記複数の発光素子の各端子電圧の最小値と最大値の間でかつ最小値と最大値を除く電圧値を算出する構成となっている。かかる構成の発光素子駆動装置において、複数の発光素子の各端子電圧の最小値と最大値の間でかつ最小値と最大値を除く電圧値、例えば平均値、メジアン、モードなどを算出し、これをバイアス電圧とすることにより、発光素子の特性にばらつきがあった場合に、そのばらつきの中心値付近にバイアス電圧の電圧値を設定できるため、全発光素子の共通の駆動条件が極端に偏った状態になるのを防ぐことができる。

#### 【0 0 2 9】

請求項 1 0 記載の発光素子駆動装置は、請求項 8 または 9 記載の発光素子駆動装置において、前記演算手段が、前記電圧値を複数算出し、これら複数の電圧値の中から前記バイアス電圧を選択する構成となっている。かかる構成の発光素子駆動装置において、試験電流が流れているときの複数の発光素子の各端子電圧を用いて演算処理によって複数の電圧値を算出し、その中から選択した電圧値を消灯時に複数の発光素子に印加するバイアス電圧とすることにより、幾つかの選択肢の中から複数の発光素子間の特性ばらつきの分布に応じて最適なバイアス電圧を設定できる。その結果、より精度の高い駆動制御を実現できる。

#### 【0 0 3 0】

請求項 1 1 記載の発光素子駆動装置は、電圧源から複数の発光素子に印加される駆動電圧を制御するとともに、電流源から前記複数の発光素子に供給される駆動電流を制御することにより、前記複数の発光素子から出射される光ビームの光量を制御する発光素子駆動装置であって、前記複数の発光素子に対してバイアス電流を供給するバイアス電流供給手段と、前記複数の発光素子の消灯時にこれら発光素子に対して試験電流を供給する試験電流供給手段と、前記試験電流供給手段から前記試験電流が流れているときの前記複数の発光素子の各端子電圧を演算する演算手段と、前記演算手段で算出した電圧値を基に消灯時に前記複数の発光素子に印加するバイアス電圧を設定するバイアス電圧設定手段と、前記バイアス電圧設定手段で設定された前記バイアス電圧を基に前記複数の発光素子の消灯時にこれら発光素子に前記バイアス電流供給手段から供給する各バイアス電流を設定するバイアス電流設定手段とを備える構成となっている。かかる構成の発光素



子駆動装置では、複数の発光素子の各々に対して電圧駆動と電流駆動（電圧駆動→電流駆動）を併用している。そして、バイアス電圧設定手段で設定されたバイアス電圧を基にバイアス電流設定手段で消灯時の電流駆動の際に複数の発光素子に流すバイアス電流を設定し、当該バイアス電流を複数の発光素子の消灯時にこれら発光素子にバイアス電流供給手段から供給する。これにより、電圧駆動動作時の電圧と電流駆動動作時の電圧とがほぼ等しい値になり、電圧駆動から電流駆動に移行するときの電圧の変動幅が小さくなる。したがって、複数の発光素子の各々について、定電圧駆動から定電流駆動への移行時間を短縮できる。

### 【 0 0 3 1 】

請求項 1 2 記載の発光素子駆動装置は、請求項 1 1 記載の発光素子駆動装置において、前記演算手段が前記電圧値を複数算出し、これら複数の電圧値の中から前記バイアス電圧の電圧値を選択する構成となっている。かかる構成の発光素子駆動装置において、試験電流が流れているときの複数の発光素子の各端子電圧を用いて演算処理によって複数の電圧値を算出し、その中から選択した電圧値を消灯時のバイアス電圧として複数の発光素子に印加するとともに、当該電圧値を基に消灯時に複数の発光素子に供給するバイアス電流を設定することにより、幾つかの選択肢の中から複数の発光素子間の特性ばらつきの分布に応じて最適なバイアス電圧およびバイアス電流を設定できる。その結果、より精度の高い駆動制御を実現できる。

### 【 0 0 3 2 】

請求項 1 3 記載の発光素子駆動装置は、請求項 1 1 または 1 2 記載の発光素子駆動装置において、前記バイアス電流供給手段が、前記複数の発光素子の各端子電圧が前記バイアス電圧設定手段で設定された前記バイアス電圧に一致するように負帰還制御して前記バイアス電流を設定する構成となっている。かかる構成の発光素子駆動装置において、例えば差動アンプを用いた負帰還制御の構成を採ることにより、簡易な構成で各発光素子ごとに消灯時の各端子電圧が、算出した共通のバイアス電圧と一致するように制御を行うことができる。

### 【 0 0 3 3 】

請求項 1 4 記載の発光素子駆動装置は、請求項 1 1， 1 2 または 1 3 記載の発

光素子駆動装置において、前記バイアス電圧設定手段による前記バイアス電圧の設定および前記バイアス電流設定手段による前記バイアス電流の設定を所定のサイクルで実行し、温度変動による前記複数の発光素子の電圧－電流特性変動に伴って前記バイアス電流を設定し直す構成となっている。かかる構成の発光素子駆動装置において、バイアス電圧の設定およびバイアス電流の設定を所定のサイクル、例えば光量制御のサイクルで実行し、温度変動による発光素子の電圧－電流特性変動に伴ってバイアス電流を設定し直すことにより、温度変動があっても発光素子の電圧－電流特性が変動としても、発光素子に流すバイアス電流を一定に保つことができる。

#### 【0034】

請求項15記載の発光素子駆動装置は、請求項11記載の発光素子駆動装置において、前記バイアス電流供給手段の電流源と前記試験電流供給手段の電流源とを共用する構成となっている。かかる構成の発光素子駆動装置において、バイアス電流供給手段と試験電流供給手段の各電流源を共用することで、電流源を発光素子1個につき1つずつ削減できるため、その分だけ回路構成の簡略化および低コスト化を図ることができるとともに消費電力を低減でき、発光素子の数が多くなるほどその効果は大である。

#### 【0035】

請求項16記載の発光素子駆動装置は、請求項8または11記載の発光素子駆動装置において、前記試験電流供給手段は、前記試験電流の電流値を設定する手段を前記複数の発光素子に対して共通に有する構成となっている。かかる構成の発光素子駆動装置において、試験電流の電流値を設定する手段を複数の発光素子に対して共用することにより、コストダウンを図る上で有利となる。

#### 【0036】

請求項17記載の発光素子駆動装置は、電圧源から発光素子に印加される駆動電圧を制御する第1の制御手段と、電流源から前記発光素子に供給される駆動電流を制御する第2の制御手段とを有し、これら第1、第2の制御手段によって前記発光素子から出射される光ビームの光量を制御する発光素子駆動装置であって、前記第2の制御手段は、前記発光素子の光量制御時に前記電流源を制御し、前

記第1の制御手段は、前記第2の制御手段による前記電流源の制御の結果前記発光素子に生じた電圧に対応して前記電圧源の電圧を設定する構成となっている。かかる構成の発光素子駆動装置において、発光素子の光量が規定光量となるように当該発光素子の駆動電流を第2の制御手段によって制御し、規定光量のときの発光素子の端子電圧を検出する。そして、第2の制御手段では、その検出した電圧（端子電圧）を基に、点灯時に発光素子に印加する駆動電圧を設定する。これにより、発光素子、特に半導体レーザの駆動電流が光量にほぼ比例することから、光量制御のための負帰還ループのゲインを一定に保つことができるため、安定した制御を実現できる。

#### 【0037】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

#### 【0038】

##### 〔第1実施形態〕

図1は、本発明の第1実施形態に係る発光素子駆動装置の構成例を示す回路図である。ここでは、駆動対象の発光素子として、例えば半導体レーザ、特に内部抵抗が大きいGa<sub>0.4</sub>N<sub>0.6</sub>系青色レーザやシングルモード面発光レーザを用いるものとし、これらを総称して半導体レーザLDと記す。半導体レーザLDは、例えば、カソードが接地され、アノードが駆動端となっている。

#### 【0039】

本実施形態に係る発光素子駆動装置は、半導体レーザLDの発光光量が規定光量となるように当該半導体レーザLDの駆動電流を制御する駆動電流制御回路11と、この駆動電流制御回路11によって規定光量に制御されているときの半導体レーザLDの端子電圧を基に点灯時に当該半導体レーザLDに印加する駆動電圧を制御する駆動電圧制御回路12と、半導体レーザLDに試験電流を供給する試験電流供給回路13と、この試験電流供給回路13から試験電流が供給されているときの半導体レーザLDの端子電圧を基に当該半導体レーザLDに消灯時に印加するバイアス電圧を設定するバイアス電圧設定回路14と、半導体レーザLDの発光光量を検出する光量検出回路15と、この光量検出回路15の検出電圧

V<sub>det</sub>の基準電圧V<sub>ref</sub>に対する誤差電圧を検出して光量制御電圧V<sub>cont</sub>として出力する誤差検出回路16とを有する構成となっている。

#### 【0040】

まず、駆動電流制御回路11は、インバータ111、電流源112、コンデンサC11およびスイッチSW11、SW12によって構成されている。この駆動電流制御回路11には、誤差検出回路16から駆動電圧制御回路12を介して光量制御電圧V<sub>cont</sub>が供給される。この光量制御電圧V<sub>cont</sub>は、インバータ111およびスイッチSW11を経由して電流源112の制御入力となる。コンデンサC11は、電源電圧V<sub>DD</sub>の電源ラインLとスイッチSW11の出力側の端子との間に接続されている。電流源112はその一端が電源ラインLに接続されている。スイッチSW12は、一端が電流源112の他端に、他端がスイッチSW24の一端にそれぞれ接続されている。

#### 【0041】

かかる構成の駆動電流制御回路11において、誤差検出回路16から駆動電圧制御回路12を介して供給される光量制御電圧V<sub>cont</sub>は、インバータ111およびスイッチSW11を経由して電流源112にその制御電圧として入力し、電流源112から半導体レーザLDに供給される駆動電流を制御する。これにより、駆動電流制御回路11では、半導体レーザLDの光量が誤差検出回路16の基準電圧V<sub>ref</sub>で決まる規定光量（目標光量）となるように、当該半導体レーザLDの駆動電流の制御が行われる。

#### 【0042】

駆動電圧制御回路12は、4つのスイッチSW21～SW24、2つのコンデンサC21、C22およびオペアンプ211によって構成されている。スイッチSW21は、一端が誤差検出回路16の出力側に、他端がバッファ211の非反転入力端子にそれぞれ接続されている。コンデンサC21は、スイッチSW21の他端とグランドとの間に接続されることによって当該スイッチSW21と共にサンプルホールド回路を構成している。オペアンプ211は、その非反転（+）入力端子がスイッチSW21の他端に接続されている。

#### 【0043】

スイッチ SW 2 2 は、その一端がオペアンプ 2 1 1 の出力端子に接続されている。コンデンサ C 2 2 は、スイッチ SW 2 2 の他端とグランドとの間に接続されることによって当該スイッチ SW 2 2 と共にサンプルホールド回路を構成している。スイッチ SW 2 3 は、一端がスイッチ SW 2 2 の他端に接続されている。スイッチ SW 2 4 は、一端がスイッチ SW 2 3 の他端に、他端が半導体レーザ LD のアノードにそれぞれ接続されている。スイッチ SW 2 3 の他端およびスイッチ SW 2 4 の一端の共通接続点には、オペアンプ 2 1 1 の反転（－）入力端子が接続されている。

#### 【 0 0 4 4 】

かかる構成の駆動電圧制御回路 1 2 において、半導体レーザ LD の駆動電流の制御時、即ち光量制御時にはスイッチ SW 2 2、SW 2 3 がオフ状態、スイッチ SW 2 1、SW 2 4 がオン状態になる。半導体レーザ LD の消灯時にはスイッチ SW 2 2、SW 2 3 がオン状態、スイッチ SW 2 1、SW 2 4 がオフ状態になり、オペアンプ 2 1 1 がボルテージフォロワバッファを形成し、オペアンプ 2 1 1 の出力電圧がコンデンサ C 2 2 にホールドされる。このホールド電圧は、規定光量のときの半導体レーザ LD の端子電圧である。そして、コンデンサ C 2 2 のホールド電圧は、半導体レーザ LD の点灯時に、スイッチ SW 2 3、SW 2 4 がオンすることにより、これらスイッチ SW 2 3、SW 2 4 を介して半導体レーザ LD にその駆動電圧として印加される。

#### 【 0 0 4 5 】

試験電流供給回路 1 3 は、電流源 1 3 1、スイッチ SW 3 1 および試験電流設定部 1 3 2 によって構成されている。電流源 1 3 1 は、その一端が電源ライン L に接続されている。スイッチ SW 3 1 は、一端が電流源 1 3 1 の他端に、他端が半導体レーザ LD のアノードにそれぞれ接続されている。試験電流設定部 1 3 2 は、電流源 1 3 1 の電流、即ち試験電流を設定する。

#### 【 0 0 4 6 】

かかる構成の試験電流供給回路 1 3 において、消灯時に半導体レーザ LD に印加するバイアス電圧  $V_{bias}$  を決めるために、後述する光量制御も変調も行わない期間における半導体レーザ LD の消灯時にスイッチ SW 3 1 がオン状態とな

る。これにより、試験電流設定部 132 で設定される試験電流が電流源 131 から、スイッチ SW31 を通して半導体レーザ LD に供給される。試験電流設定部 132 では、消灯時に半導体レーザ LD に印加したいバイアス電圧  $V_{bias}$  に対応する電流を試験電流として設定する。通常、バイアス電圧  $V_{bias}$  は、変調速度を上げるために、半導体レーザ LD の発振閾値電圧よりも低い電圧、好ましくは僅かに低い電圧に設定される。

#### 【0047】

バイアス電圧設定回路 14 は、スイッチ SW41, SW42、コンデンサ C41, C42 およびボルテージフォロアバッファ 141 によって構成されている。スイッチ SW41 は、一端が半導体レーザ LD のアノードに接続されている。スイッチ SW42 は、一端が半導体レーザ LD のアノードに、他端がバッファ 141 の非反転入力端子にそれぞれ接続されている。コンデンサ C41 は、スイッチ SW42 の他端とグランドとの間に接続されて当該スイッチ SW42 と共にサンプルホールド回路を構成している。バッファ 141 は、その出力端子が反転入力端子と直接に接続され、さらにスイッチ SW41 の他端に接続されている。コンデンサ C42 は、バッファ 141 の出力端子とグランドとの間に接続されている。

#### 【0048】

かかる構成のバイアス電圧設定回路 14 において、スイッチ SW42 は、試験電流供給回路 13 から半導体レーザ LD に試験電流が供給されているときにオン状態となり、さらにオフ状態となる。これにより、試験電流が流れているときの半導体レーザ LD の端子電圧がコンデンサ C41 にホールドされる。このホールド電圧は、ボルテージフォロアバッファ 141 を介してコンデンサ C42 にホールドされ、半導体レーザ LD の消灯時にスイッチ SW41 がオンすることによって半導体レーザ LD に対してバイアス電圧  $V_{bias}$  として印加される。

#### 【0049】

光量検出回路 15 は、半導体レーザ LD が発するレーザ光を検出する光検出器として例えばフォトダイオード PD を用いている。フォトダイオード PD は、そのカソードが電源ライン L に接続されている。フォトダイオード PD のアノードには抵抗 R の一端が接続されている。抵抗 R の他端は接地されている。ここで、

フォトダイオードPDが半導体レーザLDのレーザ光を検出することで、その光量に応じた電流が抵抗Rに流れる。これにより、半導体レーザLの光量に応じた検出電圧が抵抗Rの両端間に発生する。

#### 【0050】

この検出電圧は、アンプ151の非反転入力端子に与えられる。アンプ151は、出力端子と反転入力端子とが直接に接続されている。アンプ151の出力電圧、即ち光量検出回路15の検出電圧は、駆動電流制御回路11に供給される。すなわち、光量検出回路15の検出電圧を駆動電流制御回路11に帰還することで、半導体レーザLDのレーザパワーを、基準電圧V<sub>ref</sub>で規定されるパワーになるように制御する自動光量制御（以下、APC(Automatic Power Control)と記す）を行うフィードバック系が構成されている。

#### 【0051】

誤差検出回路16は、差動アンプ161、スイッチSW61、SW62およびコンデンサC61によって構成されている。差動アンプ161は、基準電圧V<sub>ref</sub>を非反転入力とし、光量検出回路15からスイッチSW61を介して供給される検出電圧V<sub>det</sub>を反転入力としている。ここで、基準電圧V<sub>ref</sub>は、半導体レーザLDの目標とする光量（レーザパワー）に対応して電圧値が設定されている。スイッチSW62とコンデンサC61は、差動アンプ161の反転入力端子と出力端子との間に直列に接続されている。

#### 【0052】

かかる構成の誤差検出回路16において、差動アンプ161は、光量検出回路15で検出される半導体レーザLDの光量に応じた検出電圧V<sub>det</sub>を、半導体レーザLDの目標光量に対応して設定されている基準電圧V<sub>ref</sub>と比較してその差分（誤差電圧）を光量制御電圧V<sub>cont</sub>として出力する。

#### 【0053】

なお、駆動電流制御回路11のスイッチSW11、SW12、駆動電圧制御回路12のスイッチSW22、SW22、試験電流供給回路13のスイッチSW31、バイアス電圧設定回路14のスイッチSW41および誤差検出回路16のスイッチSW61、SW62のオン（閉）／オフ（開）制御は、制御回路17によ

って行われる。本実施形態に係る半導体レーザ駆動装置においては、制御回路 17 は、入力データ（パルスデータ）に応じて半導体レーザ LD を点灯／消灯の駆動を繰り返す変調期間ではその点灯期間／消灯期間で常に電圧駆動する制御を行う構成を採っている。

#### 【0054】

次に、上記構成の本実施形態に係る発光素子駆動装置、即ち半導体レーザ駆動装置の回路動作について説明する。

#### 【0055】

電源投入により、先ず、APCモードに入る。このAPCモードでは、誤差検出回路 16 において、スイッチ SW61 およびスイッチ SW62 がオン状態となり、駆動電圧制御回路 12 において、スイッチ SW21, SW24 がオン状態になり、駆動電流制御回路 11 において、スイッチ SW11 およびスイッチ SW12 がオン状態となる。これにより、電流源 112 の電流がスイッチ SW12 およびスイッチ SW24 を経由して半導体レーザ LD に駆動電流として流れるため、当該半導体レーザ LD が点灯する。

#### 【0056】

半導体レーザ LD が点灯すると、そのレーザ光を光量検出回路 15 のフォトダイオード PD が受光し、フォトダイオード PD にはその光量に応じた電流が流れる。このフォトダイオード PD に流れる電流は抵抗 R により電圧に変換され、アンプ 151 で増幅されて半導体レーザ LD のレーザパワー（光量）に応じた検出電圧  $V_{det}$  として出力される。

#### 【0057】

この検出電圧  $V_{det}$  は誤差検出回路 16 に供給され、スイッチ SW61 を経由して差動アンプ 161 の反転入力となる。差動アンプ 161 は、この検出電圧  $V_{det}$  と基準電圧  $V_{ref}$  との差分（誤差電圧）を増幅して光量制御電圧  $V_{cont}$  として出力する。この光量制御電圧  $V_{cont}$  は、スイッチ SW21、オペアンプ 211、インバータ 111 およびスイッチ SW11 を経由して電流源 112 にその制御電圧として与えられる。この光量制御電圧  $V_{cont}$  により、半導体レーザ LD の駆動電流が制御され、その結果半導体レーザ LD の光量が制御



される。

#### 【0058】

上述した誤差電圧検出回路16および駆動電流制御回路11による光量検出回路15の検出電圧 $V_{det}$ に応じた負帰還ループの制御により、最終的には、当該検出電圧 $V_{det}$ が規定光量に対応して設定されている基準電圧 $V_{ref}$ と一致して収束する。その結果、半導体レーザLDの光量が規定光量となる。以上の一連のフィードバック制御がAPC（自動光量制御）である。このAPCの動作については、一回で終了するようにしても良く、また複数回繰り返して実行するようにしても良い。

#### 【0059】

このAPC動作の終了後、駆動電流制御回路11のスイッチSW11および誤差検出回路16のスイッチSW62がオフし、さらにAPC時にオフ状態にあった駆動電圧制御回路12のスイッチSW22, SW23がオン状態になる。すると、その直前の差動アンプ161の出力電圧、即ち半導体レーザLDを規定光量に制御したときの光量制御電圧 $V_{cont}$ が、コンデンサC61およびコンデンサC21にホールドされ、さらに規定光量に制御したときの駆動電流を設定する制御電圧がC11にホールドされる。さらに、駆動電圧制御回路12のコンデンサC22にはコンデンサC21に保持されている光量制御電圧 $V_{cont}$ が充電される。このとき、コンデンサC11にホールドされる電圧は、半導体レーザLDが規定光量で発光するときの駆動電流を設定する制御電圧となり、コンデンサC21, C22にホールドされる電圧は、規定光量のときの半導体レーザLDの端子電圧となる。

#### 【0060】

APC動作が終了すると、入力データに応じて半導体レーザLDの駆動をオン（点灯）／オフ（消灯）制御する変調モードに入る。この変調モードにおいて、半導体レーザLDの点灯時には、駆動電圧制御回路12のスイッチSW24がオンする。すると、コンデンサC22のホールド電圧、即ち規定光量のときの半導体レーザLDの端子電圧が、スイッチSW23, SW24を通して半導体レーザLDのアノードに印加される。また、駆動電流制御回路11のスイッチSW12

がオン状態になるため、当該スイッチSW12を介して電流源112から半導体レーザLDに駆動電流が供給される。

#### 【0061】

消灯時にも、高速変調するためには、端面発光レーザの場合、発光閾値電流付近のバイアス電流Ibiasを半導体レーザLDに流し続ける必要があるため、半導体レーザLDを消灯する際に、この発光閾値電流付近の電流に相当するバイアス電圧Vbiasを印加する必要がある。また、内部抵抗が高い半導体レーザの場合、オン／オフ時の駆動電圧の振幅を小さくする必要があるので、当該半導体レーザが点灯しない程度の電圧を印加するのが望ましい。

#### 【0062】

そこで、本実施形態においては、試験電流供給回路13およびバイアス電圧設定回路14の作用により、消灯時に半導体レーザLDに印加するバイアス電圧Vbiasを次のように設定するようにしている。すなわち、APCも変調も行わない期間において、半導体レーザLDの消灯時にスイッチSW31をオン状態とする。これにより、試験電流設定部132によって消灯時に半導体レーザLDに流したい電流が、電流源131からスイッチSW31を通して半導体レーザLDに試験電流として供給される。

#### 【0063】

一方、バイアス電圧設定回路14では、試験電流供給回路13から半導体レーザLDに試験電流が供給されているときに、スイッチSW42をオンし、続いてオフする。これにより、試験電流が流れているときの半導体レーザLDの端子電圧がコンデンサC41にホールドされる。すると、コンデンサC41のホールド電圧がバッファ141を介してコンデンサC42にホールドされる。そして、半導体レーザLDの消灯時にスイッチSW41がオンすることにより、コンデンサC42のホールド電圧が、スイッチSW41を経由して半導体レーザLDにバイアス電圧Vbiasとして印加される。

#### 【0064】

上述したように、第1実施形態に係る半導体レーザLDの駆動装置、即ち電圧駆動方式の駆動装置において、バイアス電圧Vbiasの設定に当たっては、A

PCも変調も行わない期間において、実際に消灯時に半導体レーザLDに流したい電流を半導体レーザLDに試験電流として供給し、この試験電流が流れているときの半導体レーザLDの端子電圧を検出してその検出した電圧を基に、消灯時に半導体レーザLDに印加するバイアス電圧 $V_{bias}$ を設定することにより、僅かな電圧変化で電流が大きく変動して電流制御が難しかった従来技術と比較して、消灯時に流すバイアス電流を目標値に設定し易くなる。つまり、電流を制御して駆動電圧を求め、その電圧値を基に電圧駆動することにより、電流駆動と同等の制御性で電圧駆動が可能になる。

#### 【0065】

(変形例)

図2は、第1実施形態の変形例に係る発光素子駆動装置、即ち半導体レーザ駆動装置の要部の構成例を示す回路図であり、図中、図1と同等部分には同一符号を付して示している。図2において、試験電流供給回路13、バイアス電圧設定回路14、光量検出回路15および誤差検出回路16は図1と同じ構成であり、その動作も同様である。

#### 【0066】

本変形例に係る半導体レーザ駆動装置では、駆動電流制御回路11で誤差検出回路16の出力電圧、即ち光量制御電圧 $V_{cont}$ を直接アナログインバータ111に入力し、当該光量制御電圧 $V_{cont}$ によって直接的に電流源112の駆動電流を制御する構成を採っている点を特徴としている。駆動電圧制御回路12は、スイッチSW21、SW22、コンデンサC21、C22およびボルテージフォロアバッファ211によって構成されており、バイアス電圧設定回路14と同じ回路構成となっている。

#### 【0067】

本変形例に係る半導体レーザ駆動装置において、APC時には、駆動電流制御回路11のスイッチSW12、SW13がオン状態になるため、電流源112から半導体レーザLDに駆動電流が供給される。このとき、基準電圧と発光光量に対応した光出力電圧とが、誤差検出回路16のオペアンプ161に非反転入力と反転入力として入力される。これにより、両者の差に比例した電圧が駆動電流の

制御電圧としてアナログインバータ 111 を介して電流源 112 に入力され、規定光量になるように電流を設定する。

#### 【0068】

また、駆動電圧制御回路 12 では、スイッチ SW21 がオン状態、スイッチ SW22 がオフ状態であるため、半導体レーザ LD の端子電圧がコンデンサ C21 に保持される。したがって、ボルテージフォロアバッファ 211 により、コンデンサ C22 がコンデンサ C21 に保持されている電圧に充電される。

#### 【0069】

A P C 終了時には、駆動電流制御回路 11 のスイッチ SW12, SW13 と駆動電圧制御回路 12 のスイッチ SW21 がオフ状態になることで、コンデンサ C11 の電圧は半導体レーザ LD が規定光量で発光するときの駆動電流を設定する制御電圧となる。これにより、コンデンサ C21, C22 にホールドされる電圧は、規定光量のときの半導体レーザ LD の端子電圧となる。

#### 【0070】

上述したように、第 1 実施形態の変形例に係る半導体レーザ LD の駆動装置、即ち電圧駆動方式の駆動装置においては、半導体レーザ LD の光量が規定光量となるように当該半導体レーザ LD の駆動電流を制御し、規定光量のときの半導体レーザ LD の端子電圧を検出してその検出した電圧（端子電圧）を基に、点灯時に半導体レーザ LD に印加する駆動電圧を設定することにより、半導体レーザ LD の駆動電流が光量にほぼ比例することから、A P C のための負帰還ループのゲインを一定に保つことができる。したがって、従来技術のように、点灯時の端子電圧を制御して負帰還を行う場合と比較して安定した制御を行うことができる。

#### 【0071】

（他の変形例）

図 3 は、第 1 実施形態の他の変形例に係る発光素子駆動装置、即ち半導体レーザ駆動装置の要部の構成例を示す回路図であり、図中、図 1 と同等部分には同一符号を付して示している。図 3 において、試験電流供給回路 13、バイアス電圧設定回路 14、光量検出回路 15 および誤差検出回路 16 は図 1 と同じ構成であり、その動作も同様である。

## 【0072】

本変形例に係る半導体レーザ駆動装置において、駆動電圧制御回路12は、4つのスイッチSW21、SW22、SW23、SW24、コンデンサC21、C22およびバッファ211によって構成されている。スイッチSW21は、一端が誤差検出回路16の出力側に、他端がバッファ211の非反転入力端子にそれぞれ接続されている。コンデンサC21は、スイッチSW21の他端とグランドとの間に接続されることによって当該スイッチSW21と共にサンプルホールド回路を構成している。バッファ211は、出力端子と反転入力端子とが接続されたオペアンプによって構成されている。

## 【0073】

スイッチSW22は、一端がバッファ211の出力端子に接続されている。コンデンサC22は、スイッチSW22の他端とグランドとの間に接続されることによって当該スイッチSW22と共にサンプルホールド回路を構成している。スイッチSW23は、一端がスイッチSW22の他端に、他端が半導体レーザLDのアノードにそれぞれ接続されている。スイッチSW24は、一端がスイッチSW23の他端および半導体レーザLDのアノードに、他端がバッファ211の出力端子にそれぞれ接続されている。

## 【0074】

かかる構成の駆動電圧制御回路12において、APC時には、スイッチSW22、SW23がオフ状態、スイッチSW21、SW24がオン状態になる。すると、誤差検出回路16の出力電圧、即ち光量制御電圧VcontがスイッチSW21、バッファ211およびスイッチSW22を経由して半導体レーザLDに印加され、フィードバックループが形成される。

## 【0075】

また、レーザ消灯時には、スイッチSW22がオン状態、スイッチSW21、SW23、SW24がオフ状態になる。すると、バッファ211の出力電圧、即ち光量制御終了時の半導体レーザLDの端子電圧がコンデンサC22に保持される。そして、コンデンサC22のホールド電圧は、半導体レーザLDの点灯時に、スイッチSW23がオンすることにより、当該スイッチSW23を介して半導

体レーザLDにその駆動電圧として印加される。

#### 【0076】

駆動電流制御回路11は、オペアンプ114、スイッチSW11、SW12、コンデンサC11および電流源112によって構成されている。オペアンプは、その反転入力端子がスイッチSW24の一端およびバッファ211の出力端子に接続されており、その非反転入力端子が半導体レーザLDのアノード側に接続されている。コンデンサC11は、電源電圧VDDの電源ラインLとスイッチSW11の出力側の端子との間に接続されている。電流源112はその一端が電源ラインLに接続されている。スイッチSW12は、一端が電流源112の他端に、他端が半導体レーザLDのアノード側にそれぞれ接続されている。

#### 【0077】

かかる構成の駆動電流制御回路11では、光量制御時でも変調時でも、どちらでもないタイミングにおいて、スイッチSW11とスイッチSW12がオン状態になり、またこのとき駆動電圧制御回路12のスイッチSW24がオフ状態になる。すると、駆動電流制御回路11は、半導体レーザLDの端子電圧とバッファ211の出力電圧（すなわち、光量制御時の端子電圧をサンプルホールドしているコンデンサC21の電圧）が一致するように半導体レーザLDに駆動電流を供給する。その後、スイッチSW11がオフ状態になることで、この駆動電流を供給するときの制御電圧がコンデンサC11にホールドされる。変調点灯時には、スイッチSW12がオン状態になると、電圧源の電流駆動能力を補償する補償電流が半導体レーザLDに供給される。

#### 【0078】

上述したように、第1実施形態の他の変形例に係る半導体レーザLDの駆動装置においては、半導体レーザLDの内部抵抗が非常に高い場合に、光量制御時に電流源を制御して電流駆動を行うと、発光素子の内部抵抗と容量で決まる時定数の影響で目標光量への収束に時間がかかるのに対して、上述したように、低出力インピーダンスの電圧源を制御して電圧駆動で制御を行うことで、電流駆動で制御を行う場合と比較して上記時定数の影響を軽減できるので、光量制御の収束時間を短縮できる。

## 【0079】

一般的に、半導体レーザ等の発光素子は駆動電流に応じて温度が変動する。そして、定電圧駆動のもとでは、半導体レーザの温度の変動に伴い、半導体レーザを駆動する際に電流、即ち光量に温度変動分に起因する光量ずれが発生することになる。通常の駆動制御では、この程度の光量ずれは問題にならないレベルのものであるが、より優れた駆動制御を実現するには、この温度変動分の光量ずれも無い方が好ましい。

## 【0080】

半導体レーザの光量は、基本的に駆動電流に比例し、温度に対して発光閾値電流の変動が大きく寄与する。したがって、半導体レーザの温度変化を検知して、半導体レーザの駆動電圧を常に同一光量を与えるように制御することが可能である。半導体レーザの温度の検知方法としては、従来、様々な方法が提案されている。その中で最も直接的に検知できる方法が、半導体レーザの端子電圧の変化からレーザ温度を予測する方法である。

## 【0081】

特に、半導体レーザが定電流状態では、端子電圧と温度とは比例関係にあるために、半導体レーザの温度を精度良く検知することが可能である。そこで、半導体レーザを点灯／消灯する立ち上げ時／立ち下げ時に定電圧で駆動した後、定電流での駆動に移行することで、その定電流駆動期間において半導体レーザの端子電圧の変動で温度を検知することが可能となる。

## 【0082】

上述した点に鑑み、電圧駆動方式と電流駆動方式とを併用し、定電流駆動期間に温度変動分 ( $\Delta T$ ) の光量ずれを補正する機能を備えるようにしたのが、以下に説明する本発明の第2実施形態に係る発光素子駆動装置である。

## 【0083】

## [第2実施形態]

図4は、本発明の第2実施形態に係る発光素子駆動装置の構成例を示す回路図であり、図中、図1と同等部分には同一符号を付して示している。ここでは、光量検出回路15および誤差検出回路16については省略している。本実施形態に

係る発光素子駆動装置、即ち半導体レーザ駆動装置は、電圧駆動方式と電流駆動方式とを併用するとともに、温度変動分 ( $\Delta T$ ) の光量ずれを補正する補正回路を備えた構成となっている。

#### 【0084】

先ず、電流駆動を実現するために、半導体レーザLDの消灯時に当該半導体レーザLDにバイアス電流  $I_{bias}$  を供給するバイアス電流供給回路18と、そのバイアス電流  $I_{bias}$  を設定するバイアス電流設定部19とを備えている。バイアス電流供給回路18は、一端が電源ラインLに接続された電流源181と、一端が当該電流源181の他端に、他端が半導体レーザLDのアノードにそれぞれ接続されたスイッチSW81とによって構成されている。

#### 【0085】

バイアス電流設定部19は、バイアス電圧設定回路14において半導体レーザLDに試験電流が流れているときの当該半導体レーザLDの端子電圧を基に設定されたバイアス電圧  $V_{bias}$  に基づいて、半導体レーザLDの消灯時に当該半導体レーザLDに供給するバイアス電流  $I_{bias}$  を設定する。具体的には、バイアス電流設定部19は、例えば、差動アンプ191、スイッチSW71およびコンデンサC71によって構成されている。

#### 【0086】

差動アンプ191は、バイアス電圧設定回路14で設定されたバイアス電圧  $V_{bias}$  を反転入力、半導体レーザLDの端子電圧を非反転入力とし、半導体レーザLDの消灯時に当該半導体レーザLDの端子電圧が、バイアス電圧設定回路14で設定されたバイアス電圧  $V_{bias}$  に一致するように負帰還制御して電流源181の電流、即ちバイアス電流  $I_{bias}$  を設定する。スイッチSW71およびコンデンサC71は、サンプルホールド回路を構成しており、差動アンプ191の出力、即ち設定するバイアス電流  $I_{bias}$  に対応する電圧値をコンデンサC71にホールドする。このような負帰還制御の構成を採ることにより、簡易な構成で半導体レーザLDの消灯時の端子電圧が、設定されたバイアス電圧  $V_{bias}$  に一致するように制御を行うことができる。

#### 【0087】



また、温度変動分 ( $\Delta T$ ) の光量ずれを補正する補正回路 20 は、ゲイン 1 の誤差アンプ 201、スイッチ SW91 およびコンデンサ C91 により構成されている。誤差アンプ 201 には、その非反転入力として半導体レーザ LD の端子電圧が与えられる。ここで、半導体レーザ LD に一定の電流が流れていると、半導体レーザ LD の温度に応じてその端子電圧が変動することになる。具体的には、素子の温度が高くなると端子電圧が低下してくる。したがって、半導体レーザ LD の端子電圧を検出することで、当該半導体レーザ LD の温度をモニターできることになる。

#### 【0088】

なお、半導体レーザ LD の温度をモニターする手法としては、半導体レーザ LD の端子電圧を検出する手法に限らず、例えば半導体レーザ LD の近傍にサーミスター等の温度検知手段を配置し、当該温度検知手段の検知出力を用いる手法などを採ることも可能である。ただし、半導体レーザ LD の端子電圧を検出する手法の場合は、半導体レーザ LD の温度をより迅速にかつより正確にモニターできる利点がある。

#### 【0089】

スイッチ SW91 およびコンデンサ C91 は、サンプルホールド回路を構成している。すなわち、半導体レーザ LD の端子電圧をスイッチ SW91 でサンプリングし、そのサンプリング電圧をコンデンサ C91 にホールドする。このコンデンサ C91 のホールド電圧は基準電圧となり、誤差アンプ 201 にその反転入力として与えられる。誤差増幅器 201 の出力端は、駆動電圧制御回路 12 のコンデンサ C21 の一端（開放端）に接続されている。

#### 【0090】

かかる補正回路 20 において、スイッチ SW91 は制御回路 17 の制御の下に例えば先述した APC 期間に入る前のタイミングでオン状態となることで、半導体レーザ LD の端子電圧をサンプリングする。このように、APC 期間に入る前のタイミングでサンプリングを行うことで、半導体レーザ LD の温度が上昇する前の安定した端子電圧をサンプリングできる。そして、このサンプリング電圧を以降の補正処理に用いる。

**【0091】**

すなわち、誤差アンプ201は、半導体レーザLDの端子電圧を非反転入力として取り込み、コンデンサC91のホールド電圧、即ち基準電圧と逐次比較してその誤差増幅電圧を、駆動電圧制御回路12のコンデンサC21の開放端に与える。このとき、誤差アンプ201のゲインが1に設定されているので、コンデンサC21のホールド電圧が誤差増幅電圧分だけシフトされる。すなわち、この誤差増幅電圧が補正值としてコンデンサC92のホールド電圧に重畳される。そして、この補正された電圧が、半導体レーザLDの点灯（発光）駆動時に当該半導体レーザLDに印加される。

**【0092】**

電圧駆動と電流駆動との切り替えは、制御回路17による各スイッチの切り替え制御によって行われる。この制御回路17による切り替え制御について、図5に示すタイミング波形図を用いて具体的に説明する。変調期間において、入力データ（A）の“H”レベル期間が半導体レーザLDの点灯（発光）期間となり、“L”レベル期間が消灯期間となる。

**【0093】**

入力データ（A）の“H”レベル期間に入ると、制御回路17は先ず、駆動電圧制御回路12のスイッチSW23、SW24をオン状態にする。これにより、コンデンサC22にホールドされていた電圧が、スイッチSW23、SW24を介して半導体レーザLDに印加される。その結果、入力データ（A）の立ち上がりの一定期間では定電圧駆動となる。

**【0094】**

この電圧駆動期間の経過後、制御回路17は、駆動電圧制御回路12のスイッチSW23をオフ状態にし、駆動電流設定回路11のスイッチSW12をオン状態にする。これにより、電流源112からコンデンサ11（図1を参照）にホールドされている電圧に応じた駆動電流が出力され、当該駆動電流がスイッチSW12を介して半導体レーザLDに供給される。その結果、電圧駆動期間の経過後は定電流駆動となる。

**【0095】**

次に、入力データ (A) の “L” レベル期間に入ると、制御回路 17 は先ず、バイアス電圧設定回路 14 のスイッチ SW41 をオン状態にする。これにより、コンデンサ C42 にホールドされていた電圧がバイアス電圧  $V_{bias}$  として、スイッチ SW41 を介して半導体レーザ LD に印加される。このバイアス電圧  $V_{bias}$  の印加により、入力データ (A) の立ち下がりの一定期間では定電圧駆動となる。

#### 【0096】

この電圧駆動期間の経過後、制御回路 14 は、バイアス電圧設定回路 14 のスイッチ SW41 をオフ状態にし、バイアス電流供給回路 18 のスイッチ SW81 をオン状態にする。これにより、電流源 181 からバイアス電流設定部 19 で設定された一定のバイアス電流  $I_{bias}$  が出力され、当該バイアス電流  $I_{bias}$  がスイッチ SW81 を介して半導体レーザ LD に供給される。その結果、電圧駆動期間の経過後は定電流駆動となる。

#### 【0097】

このように、定電圧駆動と定電流駆動とを併用した半導体レーザ駆動装置において、半導体レーザ LD を点灯／消灯する立ち上げ時／立ち下げ時に定電圧で駆動した後、定電流での駆動に移行することで、その定電流駆動期間において半導体レーザ LD の端子電圧の変動で温度を検知することが可能となる。そして、半導体レーザ LD の温度を検知して、当該半導体レーザ LD の駆動電圧を常に同一光量を与えるように制御することで、電圧駆動で電流駆動並みの精度で半導体レーザ LD の光量制御を実現できる。この温度検知に伴う光量制御は、先述した補正回路 20 を含む系によって行われる。

#### 【0098】

この補正回路 20 を含む系での補正動作は、入力データ (A) の “L” レベルに応答して電圧駆動を行った後、半導体レーザ LD の発光閾値電流よりも僅かに低いバイアス電流  $I_{bias}$  を流して電流駆動とするレーザ消灯期間で実行される。これにより、温度変動分  $\Delta T$  の光量ずれの補正が行われる。

#### 【0099】

具体的には、誤差アンプ 201 において、半導体レーザ LD の端子電圧をコン

デンサC91のホールド電圧と比較し、その誤差増幅電圧をコンデンサC21の開放端に与える。すると、この誤差増幅電圧が補正值としてコンデンサC21のホールド電圧に重畳され、これが補正された電圧として、半導体レーザLDに印加される。その結果、温度変動分 $\Delta T$ の光量ずれが補正され、温度変動分 $\Delta T$ が残存したとしても光量が一定となる。

#### 【0100】

ここで、定電圧駆動と定電流駆動とを併用した半導体レーザ駆動装置においては、半導体レーザLDの点灯（ON）から消灯（OFF）あるいは消灯から点灯に切り替わる際に、定電圧駆動から定電流駆動に移行するのに時間がかかると、その間温度による半導体レーザLDの駆動電圧の補正が行われず、特に半導体レーザLDを光源とするレーザゼログラフィーの分野において、短い点灯時間を繰り返して行うハーフトーンの印字の場合に温度による変動の補正が効かない影響が出る懸念がある。

#### 【0101】

これに対して、本実施形態に係る半導体レーザ駆動装置においては、バイアス電圧設定回路14で設定されたバイアス電圧 $V_{bias}$ を基にバイアス電流設定部19でバイアス電流 $I_{bias}$ を設定し、当該バイアス電流 $I_{bias}$ を半導体レーザLDの消灯時に当該半導体レーザLDに流すようにしている。これにより、電圧駆動動作時の電圧と電流駆動動作時の電圧とがほぼ等しい値になり、電圧駆動から電流駆動に移行するときの電圧の変動幅が小さくなる。また、半導体レーザLDに流れるバイアス電流 $I_{bias}$ は発光閾値電流よりも僅かに低く設定されているため、消灯時の半導体レーザLDのインピータンスを下げることができる。したがって、定電圧駆動から定電流駆動への移行時間を短縮できる。その結果、温度補正が効かない定電流動作への移行期間を最小限にすることができるため、先述した温度補償の精度の向上に大きく寄与できることになる。

#### 【0102】

ところで、半導体レーザLDは、先述したように、駆動電流 $I$ は駆動電圧 $V$ に対して指数関数的に変動する（図11参照）。また、この $V$ （電圧）－ $I$ （電流）特性は、図6に示すように、温度変動によって変化する。したがって、例えば

温度が低いときにバイアス電圧  $V_{bias1}$  を基にバイアス電流  $I_{bias}$  を設定した状態において、半導体レーザ LD の温度が上昇してもバイアス電圧  $V_{bias1}$  を印加し続けると、 $V-I$  特性の変化に伴ってバイアス電流  $I_{bias}$  も増大し、極端な場合には閾値電流  $I_{th}$  を超えてしまって半導体レーザ LD が発光してしまう。

#### 【0103】

そこで、バイアス電圧設定回路 14 によるバイアス電圧  $V_{bias}$  の設定およびバイアス電流設定部 19 によるバイアス電流  $I_{bias}$  の設定を、所定のサイクル、例えば APC（光量制御）が行われるサイクルで実行し、例えば図 6 の  $V-I$  特性において、同じ試験電流（ここでは  $I_{bias}$  で近似）を半導体レーザ LD に流して上昇した温度で新たにバイアス電圧  $V_{bias2}$  に設定し直すことにより、温度変動があっても半導体レーザ LD の  $V-I$  特性が変動としても、半導体レーザ LD に流すバイアス電流  $I_{bias}$  を一定に保つことができる。

#### 【0104】

なお、第 1 実施形態では、電圧駆動方式の半導体レーザ駆動装置において、半導体レーザ LD の光量が規定光量となるように当該半導体レーザ LD の駆動電流を制御し、規定光量のときの半導体レーザ LD の端子電圧を検出してその検出した電圧（端子電圧）を基に、点灯時に半導体レーザ LD に印加する駆動電圧を設定するとしたが、当該駆動電圧の設定に関しては、本実施形態に係る半導体レーザ駆動装置における電圧駆動に対しても同様に適用可能である。

#### 【0105】

また、試験電流が流れているときの半導体レーザ LD の端子電圧を検出してその検出した電圧を基に、消灯時に半導体レーザ LD に印加するバイアス電圧  $V_{bias}$  を設定することに関しても同様である。

#### 【0106】

（変形例）

図 7 は、第 2 実施形態の変形例に係る発光素子駆動装置、即ち半導体レーザ駆動装置の要部の構成例を示す回路図であり、図中、図 4 と同等部分には同一符号を付して示している。

**【0107】**

第2実施形態に係る半導体レーザ駆動装置においては、試験電流供給回路13とバイアス電流供給回路18とがそれぞれ電流源131, 181を持つ構成を採っている。これに対して、本変形例に係る半導体レーザ駆動装置においては、両電流供給回路13, 18の各電流源131, 181を共用する構成を採っている。具体的には、図7から明らかなように、試験電流供給回路13の電流源131を、バイアス電流供給回路18の電流源181として共用している。

**【0108】**

ここで、両電流供給回路13, 18の電流源131, 181を共用できるのは次の理由による。すなわち、バイアス電流供給回路18は半導体レーザLDの消灯期間で動作すれば良いのに対して、試験電流供給回路13はAPC期間や変調期間以外の一部の期間でのみ動作すれば良い。したがって、試験電流供給回路13とバイアス電流供給回路18の各動作期間をオーバーラップしないようにすることができるからである。

**【0109】**

このように、試験電流供給回路13とバイアス電流供給回路18の各電流源131, 181を共用する構成を採ることにより、電流源を1つ削減できるため、その分だけ回路構成の簡略化および低コスト化を図ることができるとともに、消費電力で低減できる。ただし、電流源131に対して試験電流設定部132およびバイアス電流設定部19の各出力が常時与えられないようにするために、図7に示すように、電流源131と試験電流設定部132との間にスイッチSW32を、電流源131とバイアス電流設定部19との間にスイッチSW82を設ける必要がある。

**【0110】**

この変形例では、試験電流供給回路13とバイアス電流供給回路18の各電流源131, 181を共用するとしたが、試験電流供給回路13の電流源131を駆動電流制御回路11の電流源（点灯時の駆動電流用の電流源）113と共用することも可能である。試験電流供給回路13の電流源131と駆動電流制御回路11の電流源112ととの共用については、第1実施形態に係る半導体レーザ駆

動装置においても同様のことが言える。

#### 【0111】

以上説明した第1、第2実施形態では、単一の発光素子、具体的には単一の半導体レーザLDを駆動する駆動装置に適用した場合を例に採って説明したが、本発明は駆動対象の発光素子が単一のものに限られるものではなく、発光素子が複数個、例えば各々レーザ光を発光する多数の発光部を有する面発光レーザ（マルチレーザ）を駆動対象とすることも可能である。これが、以下に説明する本発明の第3実施形態に係る発光素子駆動装置である。

#### 【0112】

##### [第3実施形態]

図8は、本発明の第3実施形態に係る発光素子駆動装置、即ちマルチレーザ駆動装置の要部の構成例を示すブロック図であり、図中、図4と同等部分には同一符号を付して示している。

#### 【0113】

ここでは、第2実施形態に係る半導体レーザ駆動装置の構成を基本構成として用いる場合を例に採って説明が、第1実施形態に係る半導体レーザ駆動装置の構成を基本構成として用いることも可能である。また、図8では、図1における光量検出回路15、図3における駆動電流制御回路11、制御回路17および補正回路20については省略している。さらに、マルチレーザ（面発光レーザ）の多数の発光部については、図面の簡略化のため、2つの発光部LD1、LD2（以下、半導体レーザLD1、LD2と記す）を代表して示している。

#### 【0114】

図8において、2つの半導体レーザLD1、LD2に対して、試験電流供給回路13-1、13-2、バイアス電流供給回路18-1、18-2およびバイアス電流設定部19-1、19-2がそれぞれ対応して設けられ、試験電流設定部132およびバイアス電圧設定回路14が共通に設けられている。なお、試験電流設定部132については、第1、第2実施形態の場合と同様に、試験電流供給回路13-1、13-2ごとに設けることも可能である。ただし、試験電流供給回路13-1、13-2に対して共通に設けた方が、コストダウンを図る上で有

利である。

#### 【0115】

また、本実施形態に係るマルチレーザ駆動装置では、バイアス電圧設定回路 14 でのバイアス電圧  $V_{bias}$  の設定に当たって、2つの半導体レーザ LD1, LD2 の各端子電圧の演算結果を用いるようにしている。そのため、バイアス電圧設定回路 14 の前段に演算回路 21 を備えている。

#### 【0116】

この演算回路 21 は、試験電流供給回路 13-1, 13-2 から半導体レーザ LD1, LD2 に対して各発光閾値電流よりも低い、好ましくは僅かに低い試験電流が供給されているときの半導体レーザ LD1, LD2 の各端子電圧  $V_1$ ,  $V_2$  を用いて、例えば平均値  $(V_1 + V_2) / 2$  の演算を行う。ただし、電圧値の算出に当たっては、平均値の算出に限られるものではなく、各端子電圧の最小値と最大値の間でかつ最小値と最大値を除く電圧値、具体的にはメジアン、モードなど、半導体レーザの特性ばらつきのできるだけ中心値が望ましい。

#### 【0117】

演算回路 21 の演算結果である電圧値  $(V_1 + V_2) / 2$  は、バイアス電圧設定回路 14 に与えられる。バイアス電圧設定回路 14 では、この電圧値  $(V_1 + V_2) / 2$  をスイッチ SW42 でサンプリングし、コンデンサ C41 にホールドする。このコンデンサ C41 にホールドされた電圧は、半導体レーザ LD1, LD2 の消灯時にスイッチ SW41-1, SW41-2 がオン状態になることにより、半導体レーザ LD1, LD2 の各アノードにバイアス電圧  $V_{bias}$  として印加される。

#### 【0118】

コンデンサ C41 にホールドされた電圧はさらに、バイアス電流設定部 19-1, 19-2 にも供給される。バイアス電流設定部 19-1, 19-2 は、図 4 のバイアス電流設定部 19 と同様に、例えば差動アンプおよびサンプルホールド回路によって構成され、半導体レーザ LD1, LD2 の消灯時にこれら半導体レーザ LD1, LD2 の各端子電圧  $V_1$ ,  $V_2$  が、バイアス電圧設定回路 14 で設定されたバイアス電圧  $V_{bias}$  に一致するように負帰還制御して電流源 181



－1，181－2の各電流、即ちバイアス電流  $I_{bias}$  を設定する。このような負帰還制御の構成を採ることにより、簡易な構成で半導体レーザLD1，LD2ごとに消灯時の端子電圧が、算出された共通のバイアス電圧  $V_{bias}$  に一致するように制御を行うことができる。

#### 【0119】

ここで、仮に電圧電流駆動（電圧駆動→電流駆動）を行う際には、先ずスイッチSW41－1／SW41－2をオン状態にすることで、バイアス電圧設定回路14で設定された電圧値  $(V1 + V2) / 2$  のバイアス電圧  $V_{bias}$  が、スイッチSW41－1／SW41－2を介して半導体レーザLD1／LD2のアノードに印加される（電圧駆動）。その後、スイッチSW41－1／SW41－2をオフ状態にし、バイアス電流供給回路18－1／18－2のスイッチSW81－1／SW81－2をオン状態にすることで、バイアス電流設定部19－1／19－2でバイアス電圧  $V_{bias}$  を基に設定されたバイアス電流  $I_{bias}$  が電流源181－1／181－2から半導体レーザLD1／LD2に供給される（電流駆動）。

#### 【0120】

この電圧電流駆動のときには、バイアス電圧  $V_{bias}$  の電圧値と、当該バイアス電圧  $V_{bias}$  を基に設定されたバイアス電流  $I_{bias}$  の電流値とが対応しているため、電圧駆動から電流駆動へ移行する際に半導体レーザLD1／LD2の端子電圧  $V1 / V2$  の電圧値が速やかに電流駆動の電圧値に収束することになる。

#### 【0121】

上述したように、第3実施形態に係るマルチレーザ駆動装置においては、複数（本例では、2つ）の半導体レーザの消灯時にこれら半導体レーザに対して試験電流を供給し、この試験電流が流れているときの複数の半導体レーザの各端子電圧を演算し、その算出した電圧値を基に消灯時に各半導体レーザに印加するバイアス電圧  $V_{bias}$  を設定する構成を採ること、1つのバイアス電圧設定回路14を複数の半導体レーザに対して共通に設けることができる。換言すれば、コンデンサC41を含むバイアス電圧設定回路14を複数の半導体レーザごとに設

けなくて済むため、回路構成の簡略化および低コスト化を図ることができる。

#### 【0 1 2 2】

特に、複数の半導体レーザの各端子電圧の最小値と最大値の間でかつ最小値と最大値を除く電圧値、例えば平均値、メジアン、モードなどを算出し、これをバイアス電圧  $V_{bias}$  とすることにより、半導体レーザの特性にばらつきがあった場合に、そのばらつきの中心値付近にバイアス電圧  $V_{bias}$  の電圧値を設定できるため、半導体レーザの特性ばらつきの最大または最小に合わせた場合のように、全半導体レーザの共通の駆動条件が極端に偏った状態になるのを防ぐことができる。

#### 【0 1 2 3】

半導体レーザの特性ばらつきが大きい場合は、数ビームは微かに点灯したり、変調速度が遅くなったりすることもあり得るが、レーザアレイを用いたレーザゼログラフィアーでは、シングルレーザと比較して1レーザが画質に与える影響はレーザ数分の1に軽減されるため問題になりにくい。このため、半導体レーザのスペックを緩くすることが可能になるため、歩留まり向上に大きく寄与できることになる。

#### 【0 1 2 4】

また、バイアス電圧  $V_{bias}$  を基にバイアス電流  $I_{bias}$  を設定し、当該バイアス電流  $I_{bias}$  を複数の半導体レーザの消灯時にこれら半導体レーザに流すことにより、電圧駆動動作時の電圧と電流駆動動作時の電圧とがほぼ等しい値になり、電圧駆動から電流駆動に移行するときの電圧の変動幅が小さくなるため、定電圧駆動から定電流駆動への移行時間を短縮できる。その結果、温度補正が効かない定電流動作への移行期間を最小限にすることができるため、第2実施形態で説明した温度補償の精度の向上に大きく寄与できることになる。

#### 【0 1 2 5】

(変形例)

図9は、第3実施形態の変形例に係る発光素子駆動装置、即ち半導体レーザ駆動装置の構成例を示す回路図であり、図中、図8と同等部分には同一符号を付して示している。

## 【0126】

本変形例では、第2実施形態の変形例の場合と同様の主旨の下に、試験電流供給回路13-1, 13-2の各々において、電流源131-1, 131-2を、バイアス電流供給回路18-1, 18-2の電流源181-1, 181-2として共用した構成を採っている。

## 【0127】

このように、試験電流供給回路13-1, 13-2の各電流源131-1, 131-2とバイアス電流供給回路18-1, 18-2の各電流源181-1, 181-2を共用する構成を採ることにより、半導体レーザ1個につき電流源を1つずつ削減できるため、その分だけ回路構成の簡略化および低コスト化を図ることができるとともに消費電力で低減でき、半導体レーザの数が多くなるほどその効果は大である。

## 【0128】

## [第4実施形態]

図10は、本発明の第4実施形態に係る発光素子駆動装置、即ちマルチレーザ駆動装置の要部の構成例を示すブロック図であり、図中、図8と同等部分には同一符号を付して示している。

## 【0129】

第4実施形態に係るマルチレーザ駆動装置では、単一の演算回路21で単一の電圧値 $(V1 + V2) / 2$ を算出する構成を採っているのに対して、本実施形態に係るマルチレーザ駆動装置では、複数（例えば、3個）の演算回路21-1, 21-2, 21-3を用いて3個の電圧値を算出する構成を採っている。それ以外の構成は、第4実施形態に係るマルチレーザ駆動装置と同じである。この算出された3個の電圧値は、スイッチSW43によっていずれかが選択されてバイアス電圧設定回路14に与えられる。

## 【0130】

3個の演算回路21-1, 21-2, 21-3のうち、演算回路21-1は電圧値 $(2V1 + V2) / 3$ を算出し、演算回路21-2は電圧値 $(V1 + V2) / 2$ を算出し、演算回路21-3は電圧値 $(V1 + 2V2) / 3$ を算出する。た

だし、これらの算出値は一例であって、これらに限られるものではなく、V1とV2の間（最大値と最小値の間）の任意の電圧値を4個以上算出するようにしても良い。

#### 【0131】

上述したように、本実施形態に係るマルチレーザ駆動装置では、試験電流が流れているときの複数の半導体レーザの各端子電圧を用いて演算処理によって複数の電圧値を算出し、その中から選択した電圧値を消灯時のバイアス電圧Vbiasとして複数の半導体レーザに印加するとともに、当該電圧値を基に消灯時に複数の半導体レーザに供給するバイアス電流Ibiasを設定することで、幾つかの選択肢の中から複数の半導体レーザ間の特性ばらつきの分布に応じて最適なバイアス電圧Vbiasおよびバイアス電流Ibiasを設定できる。その結果、より精度の高い駆動制御を実現できる。

#### 【0132】

なお、上記各実施形態では、駆動対象の発光素子として、GaN系青色レーザやシングルモード面発光レーザを用いた場合を例に採って説明したが、本発明はこれらレーザ素子の駆動への適用に限られるものではなく、EL(liquid crystal display)素子など内部抵抗が高い発光素子全般の電圧駆動に対しても同様に適用可能である。

#### 【0133】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、請求項1に係る発明によれば、バイアス電圧の設定に当たって、光量制御も変調も行わない期間において、実際に消灯時に発光素子に印加したいバイアス電圧に対応して設定した電流を発光素子に試験電流として供給し、この試験電流が流れているときの発光素子の端子電圧を検出し、その検出した電圧を基に、消灯時に発光素子に印加するバイアス電圧を設定することにより、僅かな電圧変化で電流が大きく変動して電流制御が難しかった従来技術と比較して、消灯時に印加するバイアス電圧を目標値に設定し易くなる。

#### 【0134】

請求項2に係る発明によれば、発光素子の光量が規定光量となるように当該発

光素子の駆動電流を制御し、規定光量のときの発光素子の端子電圧を検出し、その検出した電圧（端子電圧）を基に、点灯時に発光素子に印加する駆動電圧を設定することにより、光量制御のための負帰還ループのゲインを一定に保つことができるため、安定した制御を実現できる。

#### 【 0 1 3 5 】

請求項 3 に係る発明によれば、電圧源(低出力インピーダンス)を制御して電圧駆動で制御を行うことで、電流駆動を行う場合と比較して発光素子の内部抵抗と容量で決まる時定数の影響を軽減できるため、電流駆動を行う場合よりも光量制御の収束時間を短縮できる。

#### 【 0 1 3 6 】

請求項 4 に係る発明によれば、設定されたバイアス電圧を基に消灯時の電流駆動の際に発光素子に流すバイアス電流を設定し、当該バイアス電流を発光素子の消灯時に当該発光素子に供給することにより、電圧駆動動作時の電圧と電流駆動動作時の電圧とがほぼ等しい値になり、電圧駆動から電流駆動に移行するときの電圧の変動幅が小さくなるため、定電圧駆動から定電流駆動への移行時間を短縮できる。

#### 【 0 1 3 7 】

請求項 5 に係る発明によれば、負帰還制御の構成を採ることにより、簡易な構成で発光素子の消灯時の端子電圧が、設定したバイアス電圧に一致するように制御することができる。

#### 【 0 1 3 8 】

請求項 6 に係る発明によれば、バイアス電圧の設定およびバイアス電流の設定を所定のサイクル、例えば光量制御のサイクルで実行し、温度変動による発光素子の電圧－電流特性変動に伴ってバイアス電流を設定し直すことにより、温度変動があっても発光素子の電圧－電流特性が変動としても、発光素子に流すバイアス電流を一定に保つことができる。

#### 【 0 1 3 9 】

請求項 7 に係る発明によれば、バイアス電流供給手段と試験電流供給手段の各電流源を共用することにより、電流源を 1 つ削減できるため、その分だけ回路構

成の簡略化および低コスト化を図ることができるとともに、消費電力を低減できる。

#### 【0140】

請求項8に係る発明によれば、複数の発光素子の消灯時にこれら発光素子に対して試験電流供給手段から試験電流を供給し、この試験電流が流れているときの複数の発光素子の各端子電圧同士を演算し、その算出した電圧値を基に消灯時に各発光素子に印加するバイアス電圧を設定することにより、1つのバイアス電圧設定回路を複数の発光素子に対して共通に設けることができるため、回路構成の簡略化および低コスト化を図ることができる。

#### 【0141】

請求項9に係る発明によれば、複数の発光素子の各端子電圧の最小値と最大値の間でかつ最小値と最大値を除く電圧値を算出し、これをバイアス電圧とすることにより、発光素子の特性にばらつきがあった場合に、そのばらつきの中心値付近にバイアス電圧の電圧値を設定できるため、全発光素子の共通の駆動条件が極端に偏った状態になるのを防ぐことができる。

#### 【0142】

請求項10に係る発明によれば、試験電流が流れているときの複数の発光素子の各端子電圧を用いて演算処理によって複数の電圧値を算出し、その中から選択した電圧値を消灯時に複数の発光素子に印加するバイアス電圧とすることにより、幾つかの選択肢の中から複数の発光素子間の特性ばらつきの分布に応じて最適なバイアス電圧を設定できるため、より精度の高い駆動制御を実現できる。

#### 【0143】

請求項11に係る発明によれば、設定されたバイアス電圧を基に消灯時の電流駆動の際に複数の発光素子に流すバイアス電流を設定し、当該バイアス電流を複数の発光素子の消灯時にこれら発光素子に供給することにより、電圧駆動動作時の電圧と電流駆動動作時の電圧とがほぼ等しい値になり、電圧駆動から電流駆動に移行するときの電圧の変動幅が小さくなるため、複数の発光素子の各々について、定電圧駆動から定電流駆動への移行時間を短縮できる。

#### 【0144】

請求項 1 2 に係る発明によれば、試験電流が流れているときの複数の発光素子の各端子電圧を用いて演算処理によって複数の電圧値を算出し、その中から選択した電圧値を消灯時のバイアス電圧として複数の発光素子に印加するとともに、当該電圧値を基に消灯時に複数の発光素子に供給するバイアス電流を設定することにより、幾つかの選択肢の中から複数の発光素子間の特性ばらつきの分布に応じて最適なバイアス電圧およびバイアス電流を設定できるため、より精度の高い駆動制御を実現できる。

#### 【 0 1 4 5 】

請求項 1 3 に係る発明によれば、負帰還制御の構成を採ることにより、簡易な構成で各発光素子ごとに消灯時の各端子電圧が、算出した共通のバイアス電圧と一致するように制御を行うことができる。

#### 【 0 1 4 6 】

請求項 1 4 に係る発明によれば、バイアス電圧の設定およびバイアス電流の設定を所定のサイクル、例えば光量制御のサイクルで実行し、温度変動による発光素子の電圧－電流特性変動に伴ってバイアス電流を設定し直すことにより、温度変動があっても発光素子の電圧－電流特性が変動としても、発光素子に流すバイアス電流を一定に保つことができる。

#### 【 0 1 4 7 】

請求項 1 5 に係る発明によれば、バイアス電流供給手段と試験電流供給手段の各電流源を共用することにより、電流源を発光素子 1 個につき 1 つずつ削減できるため、その分だけ回路構成の簡略化および低コスト化を図ることができるとともに消費電力を低減でき、発光素子の数が多くなるほどその効果は大である。

#### 【 0 1 4 8 】

請求項 1 6 に係る発明によれば、試験電流の電流値を設定する手段を複数の発光素子に対して共用することにより、コストダウンを図る上で有利となる。

#### 【 0 1 4 9 】

請求項 1 7 に係る発明によれば、発光素子の光量が規定光量となるように当該発光素子の駆動電流を制御し、規定光量のときの発光素子の端子電圧を検出し、その検出した電圧（端子電圧）を基に、点灯時に発光素子に印加する駆動電圧を

設定することにより、光量制御のための負帰還ループのゲインを一定に保つことができるため、安定した制御を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 実施形態に係る発光素子駆動装置の構成例を示す回路図である。

【図 2】 本発明の第 1 実施形態の変形例に係る発光素子駆動装置の要部の構成例を示す回路図である。

【図 3】 本発明の第 1 実施形態の他の変形例に係る発光素子駆動装置の要部の構成例を示す回路図である。

【図 4】 本発明の第 2 実施形態に係る発光素子駆動装置の構成例を示す回路図である。

【図 5】 電圧駆動と電流駆動との切り替え制御の動作説明に供するタイミング波形図である。

【図 6】 温度変動によってバイアス電流  $I_{bias}$  が変化する様子を示す半導体レーザの電圧－電流特性図である。

【図 7】 本発明の第 2 実施形態の変形例に係る発光素子駆動装置の要部の構成例を示す回路図である。

【図 8】 本発明の第 3 実施形態に係る発光素子駆動装置の構成例を示す回路図である。

【図 9】 本発明の第 3 実施形態の変形例に係る発光素子駆動装置の要部の構成例を示す回路図である。

【図 10】 本発明の第 4 実施形態に係る発光素子駆動装置の構成例を示す回路図である。

【図 11】 半導体レーザの電圧－電流特性図である。

【符号の説明】

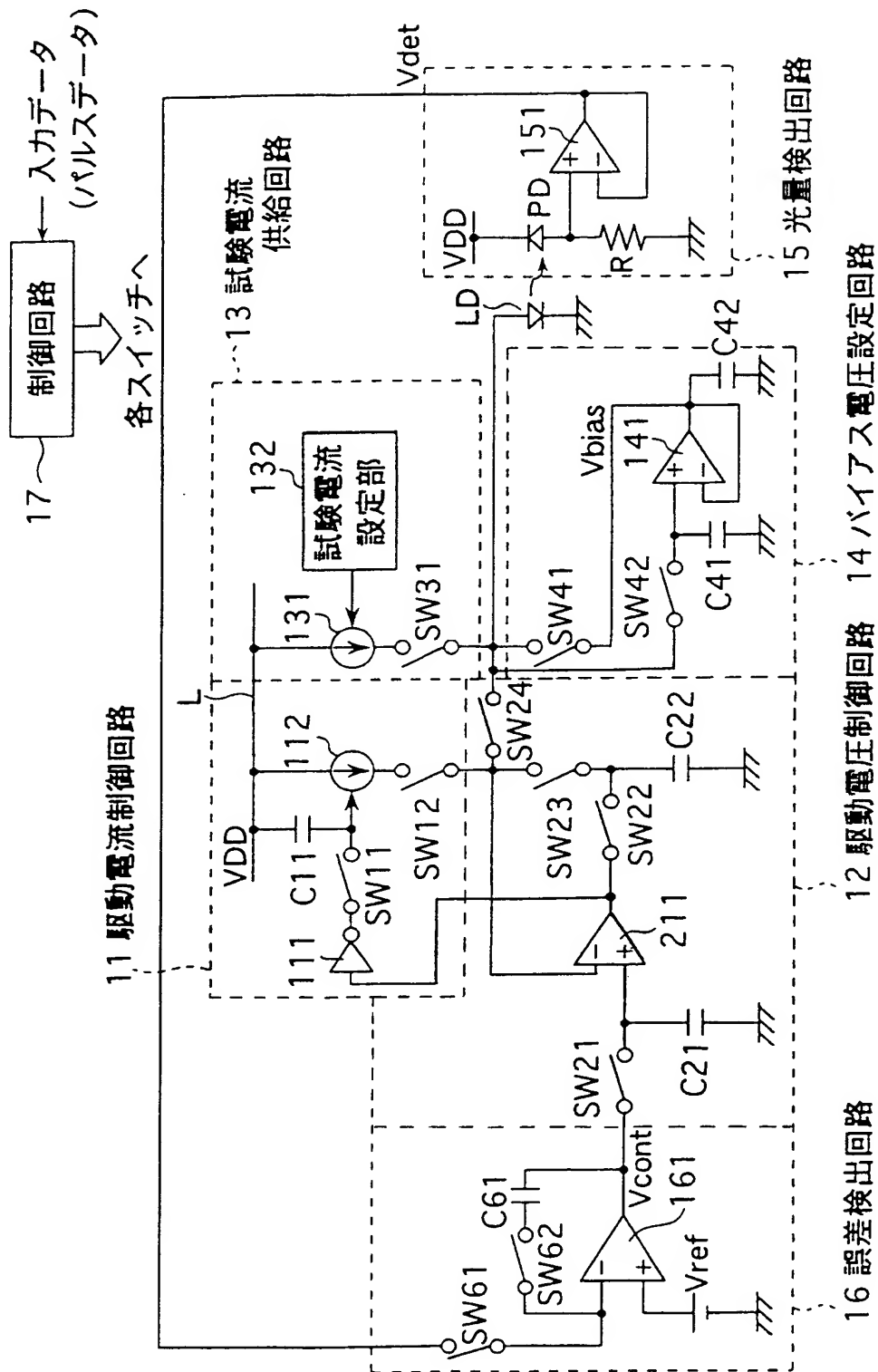
11…駆動電流制御回路、12…駆動電圧制御回路、13, 13-1, 13-2…試験電流供給回路、14…バイアス電圧設定回路、15…光量検出回路、16…誤差検出回路、17…制御回路、18, 18-1, 18-2…バイアス電流供給回路、19, 19-1, 19-2…バイアス電流設定部、20…補正回路、



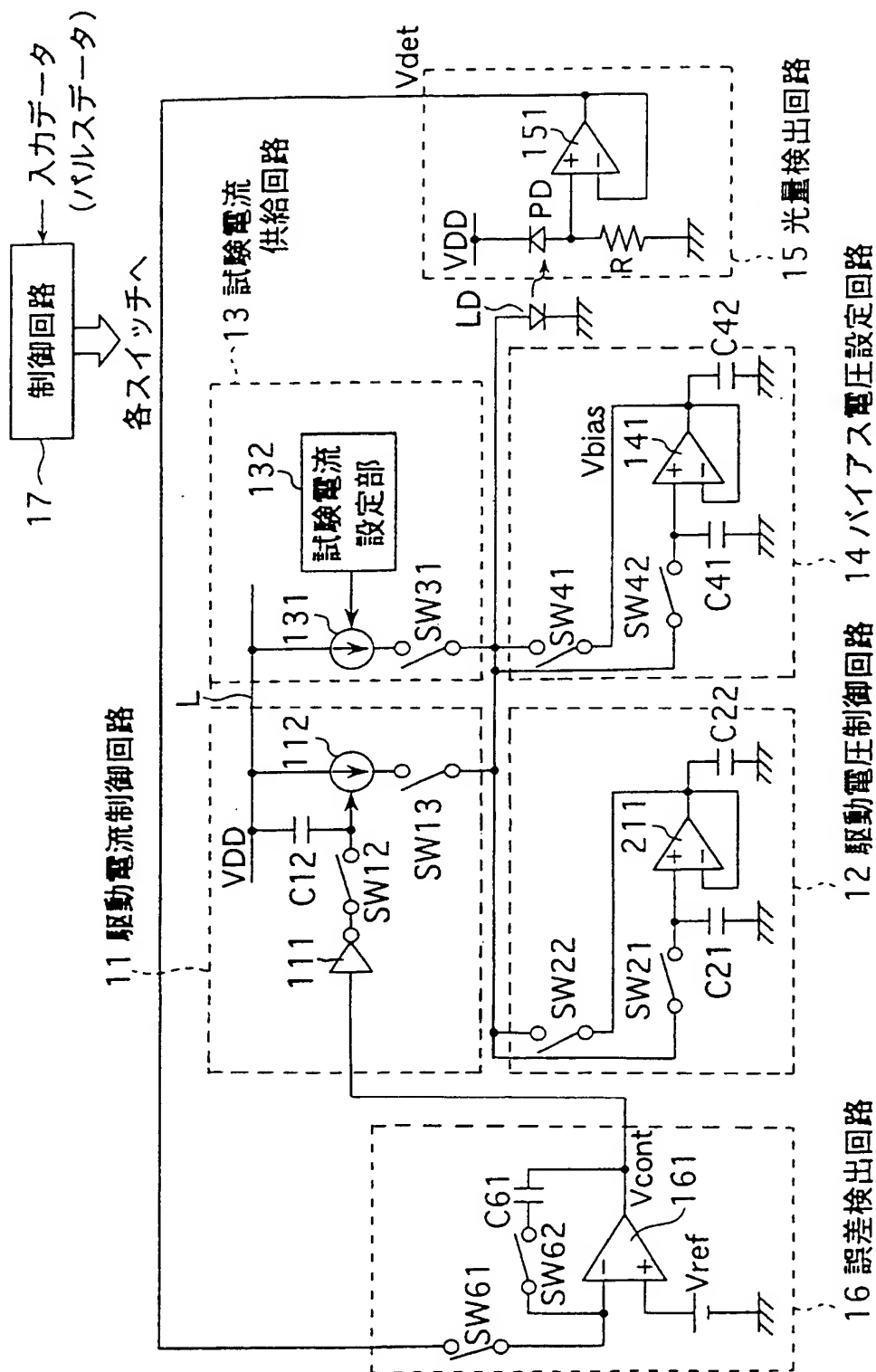
2 1, 2 1 - 1, 2 1 - 2, 2 1 - 3 … 演算回路、1 3 2 … 試験電流設定部、I  
b i a s … バイアス電流、V b i a s … バイアス電圧、V c o n t … 光量制御電  
圧

【書類名】 図面

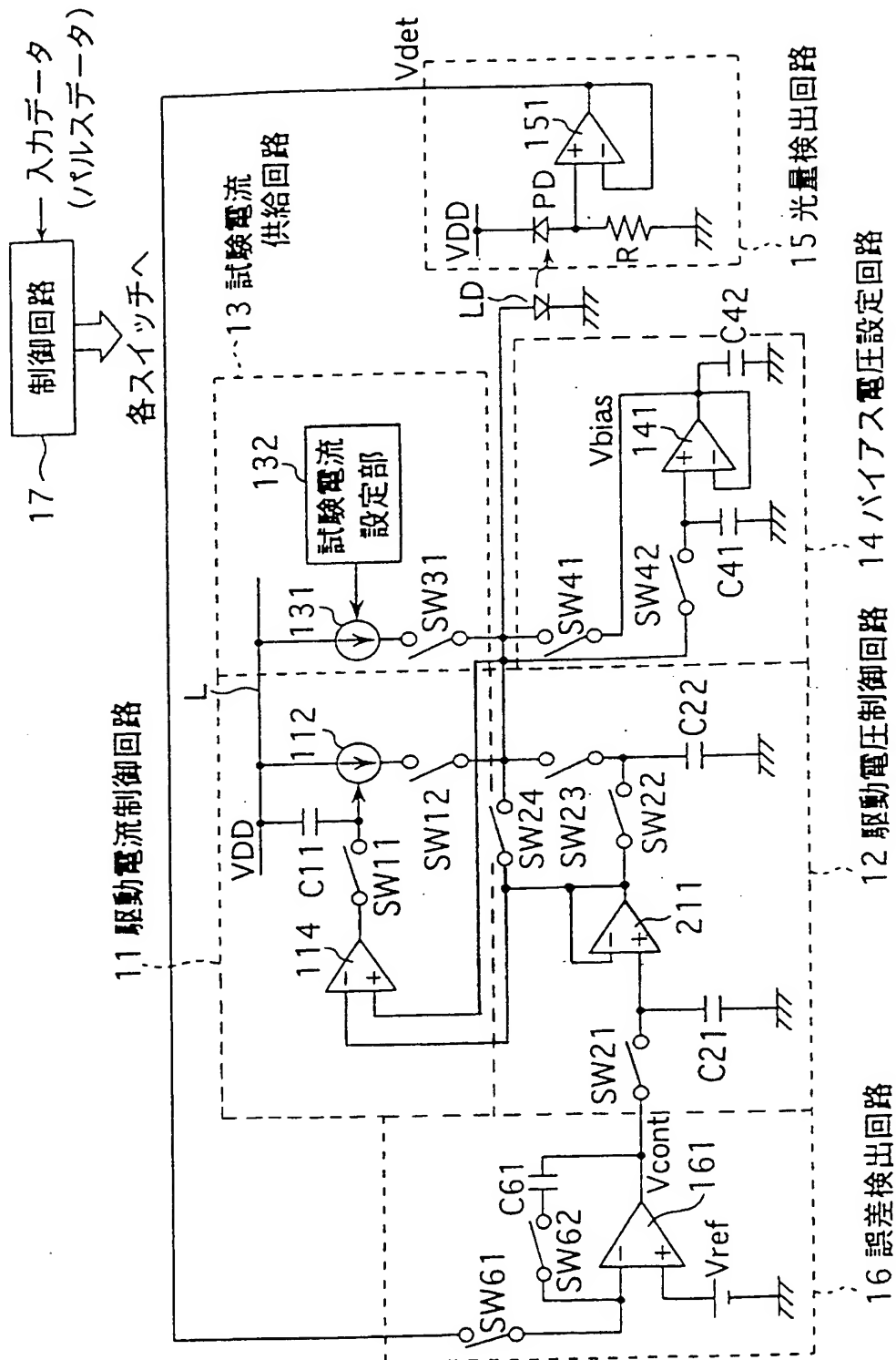
【図 1】



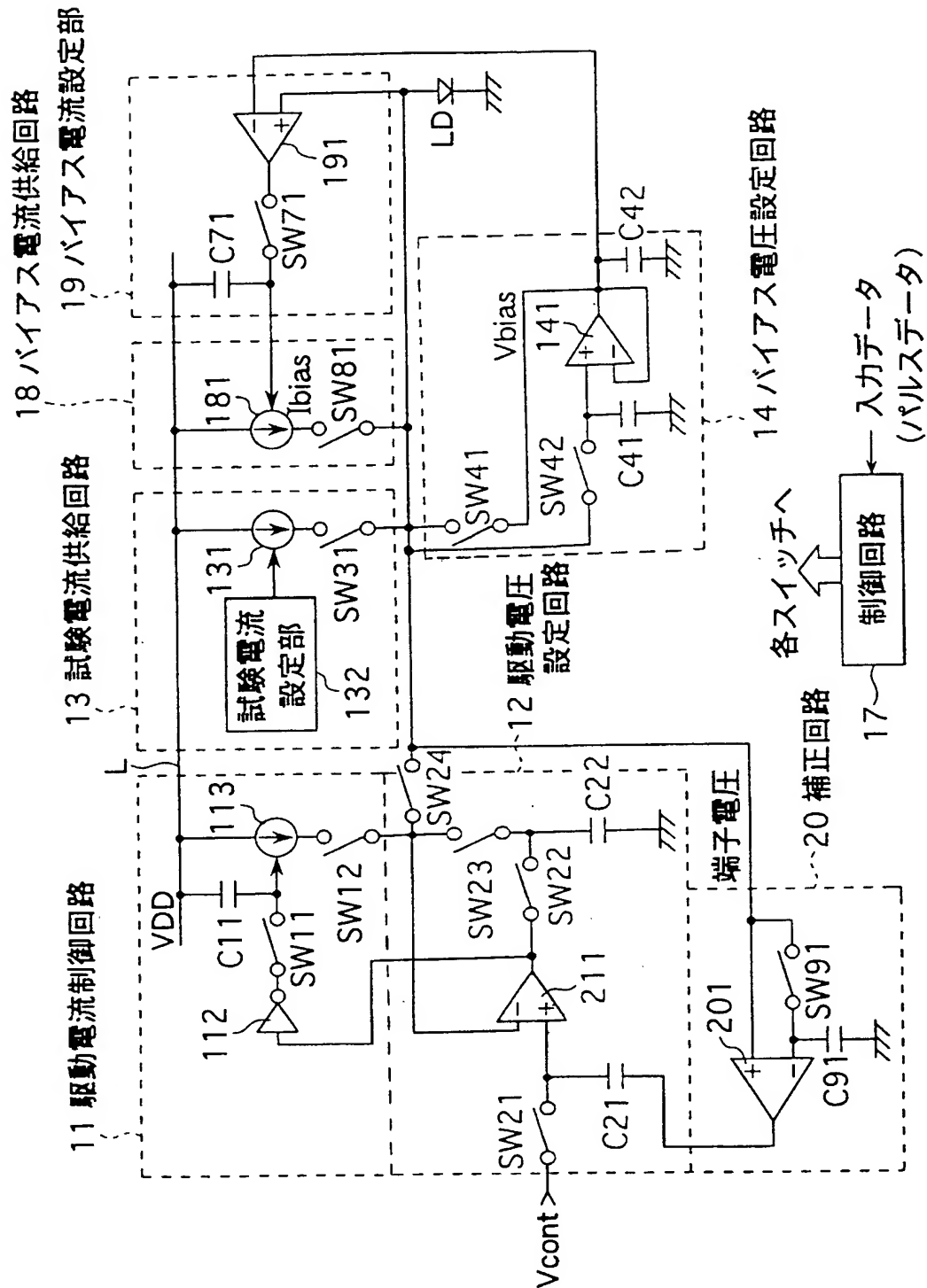
【図 2】



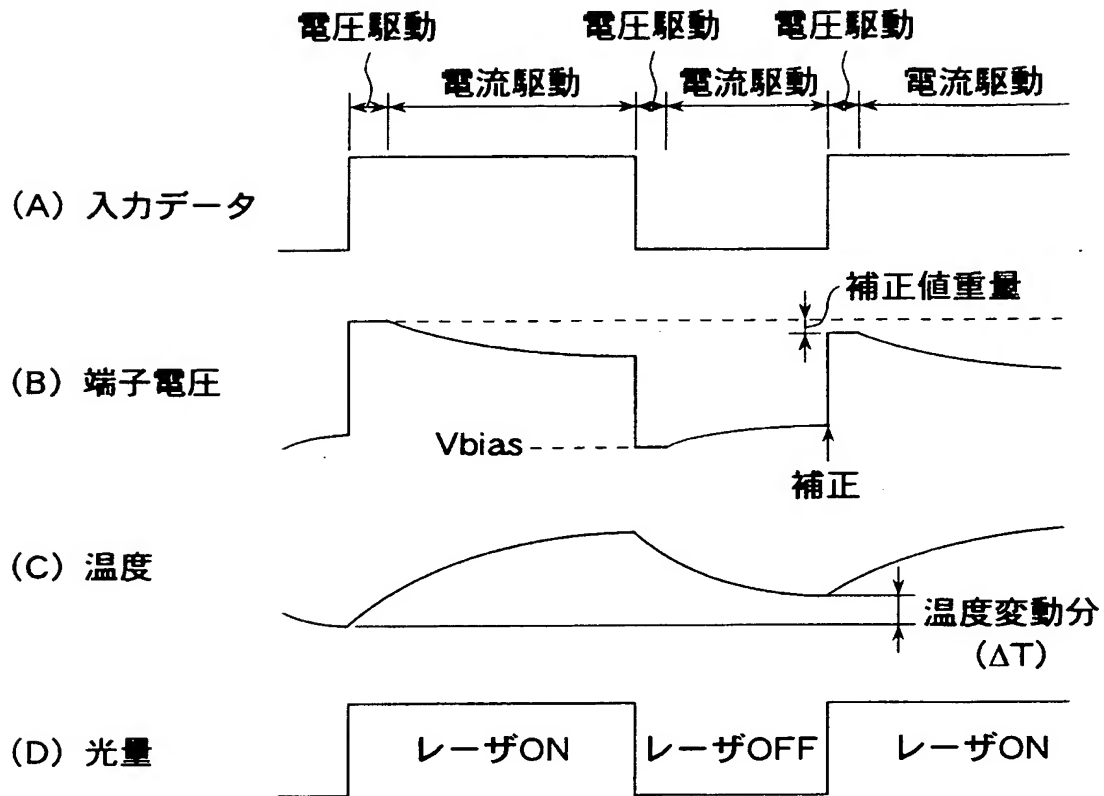
【図 3】



【図 4】

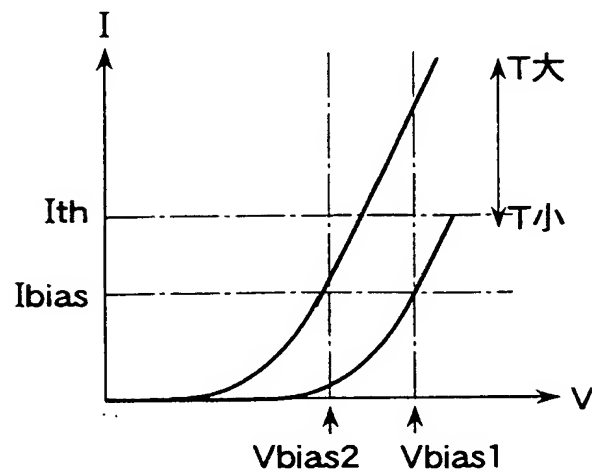


【図 5】

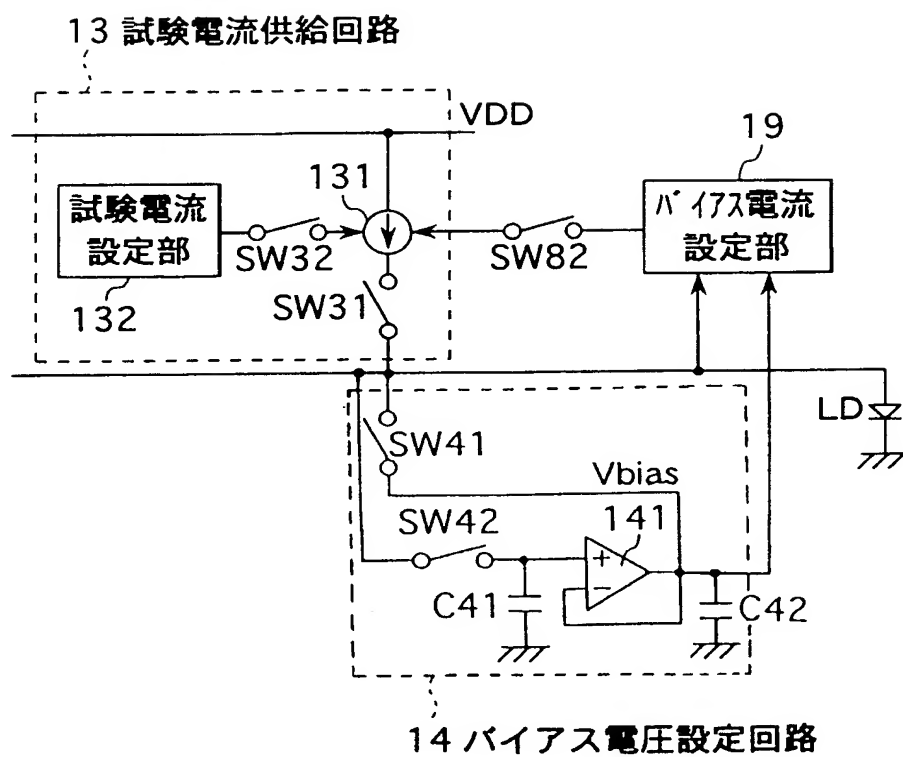


【図 6】

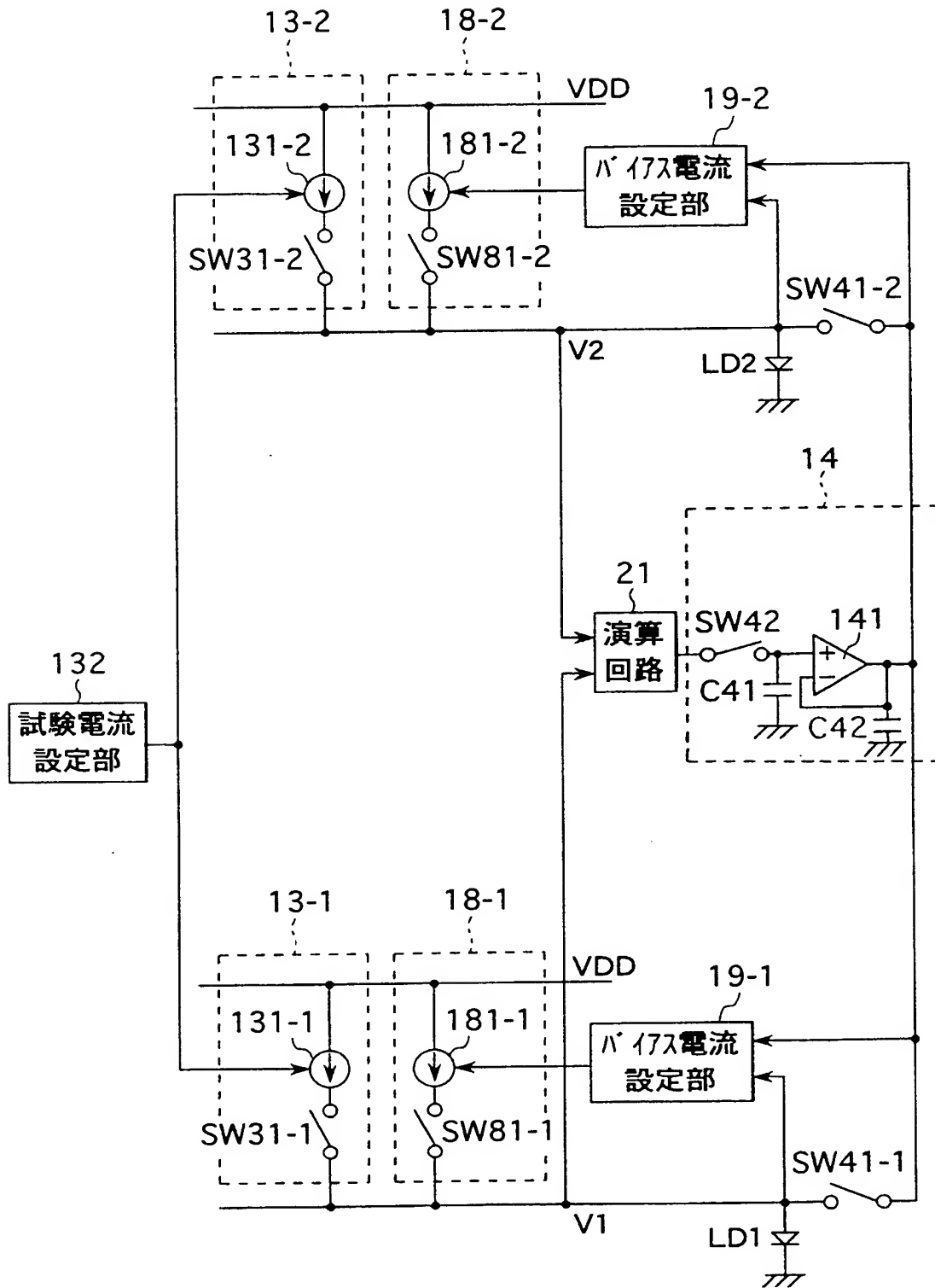
$$I = I_s * (\exp(q(V - IR) / kT) - 1)$$



【図 7】

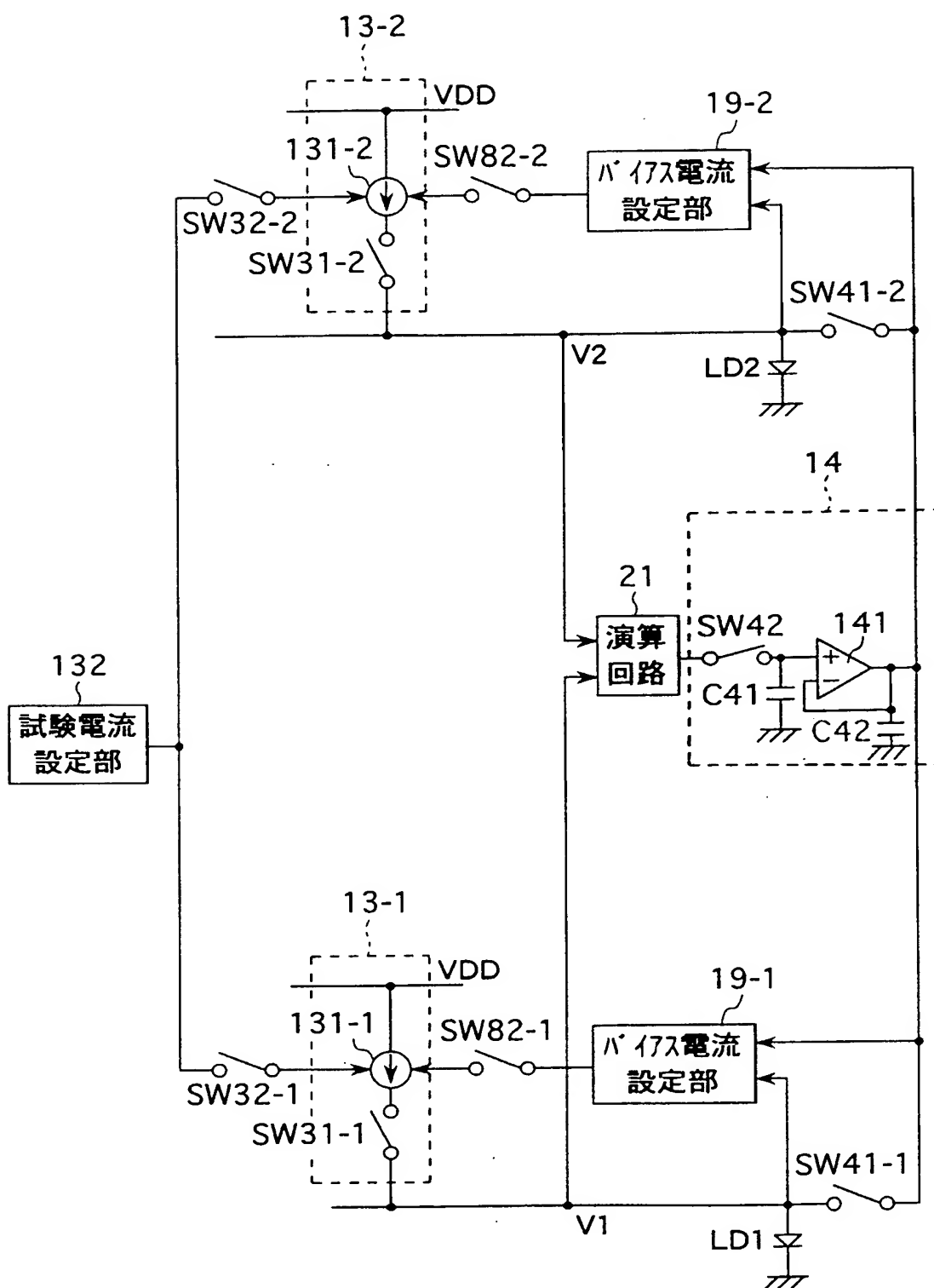


【図 8】

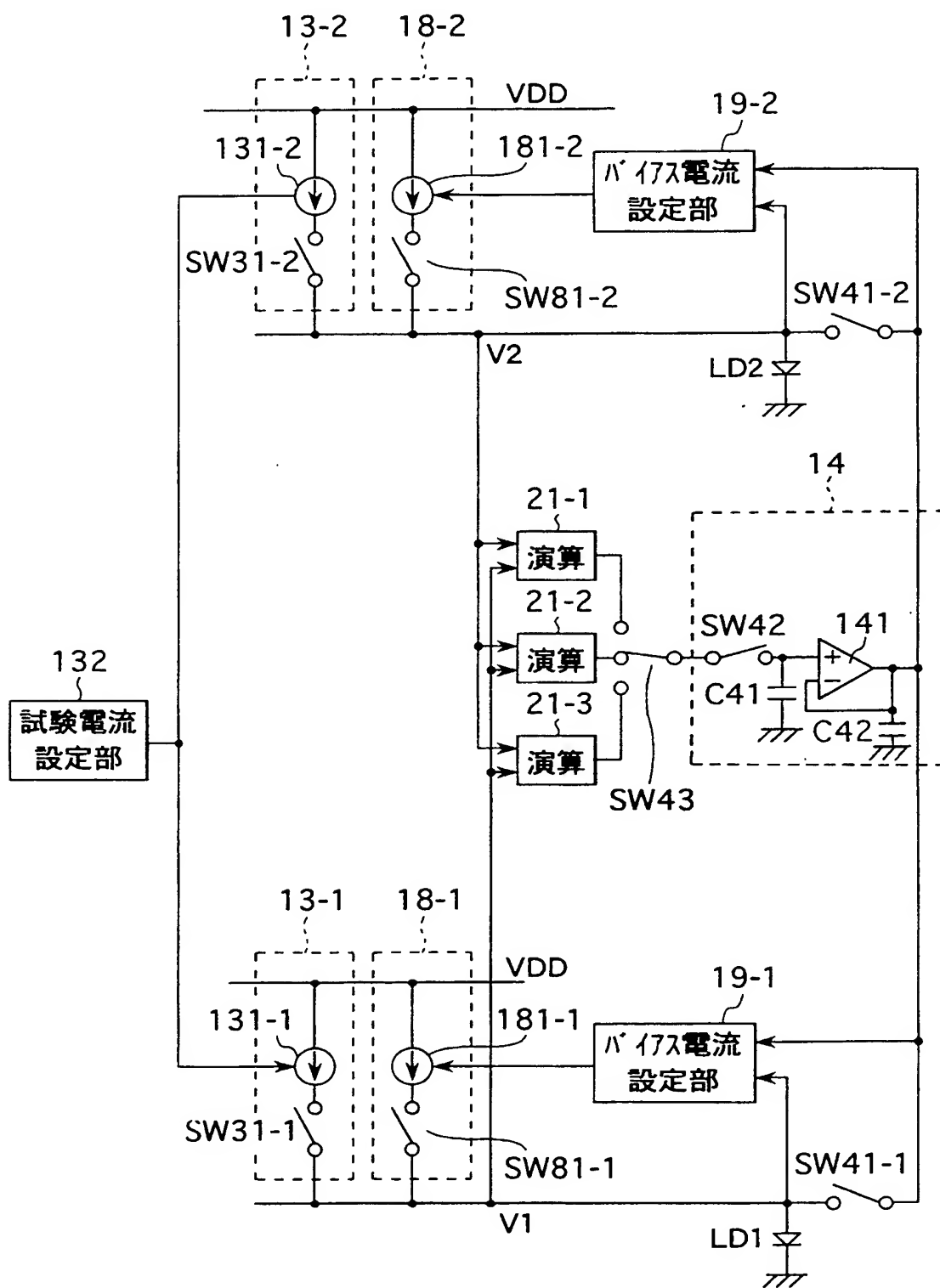




【図 9】

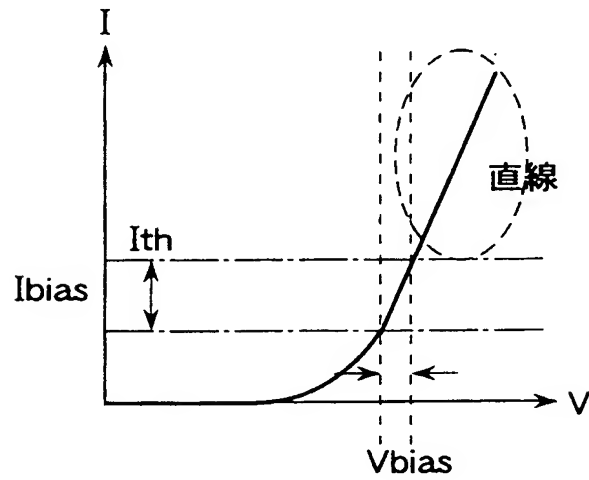


【図 10】



【図 11】

$$I = I_s * (\exp(q(V - IR)/kT) - 1)$$



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電圧駆動の場合、点灯時に端子電圧を制御して負帰還制御を行うと、駆動電圧の変動量に対して駆動電流、即ち発光量が指数関数的に変動してしまうため、負帰還制御のゲインが大きく変動して安定した制御を行うのが難しい。

【解決手段】 電圧駆動方式を採る半導体レーザ駆動装置において、半導体レーザLDの光量が規定光量となるように当該半導体レーザLDの駆動電流を駆動電流制御回路11によって制御し、規定光量のときの半導体レーザLDの端子電圧を検出する。そして、駆動電圧制御回路12において、その検出した電圧（端子電圧）を基に、点灯時に半導体レーザLDに印加する駆動電圧を設定する。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 2 - 3 6 0 1 9 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 4 9 6 ]

1 . 変 更 年 月 日

1 9 9 6 年    5 月 2 9 日

[ 変 更 理 由 ]

住所変更

住    所

東京都港区赤坂二丁目 1 7 番 2 2 号

氏    名

富士ゼロックス株式会社